LUSTRUMBOEK „SNELLIUS" 1955-1960

422273/3009229
KC12
1955/1960
JHlberda
TECHNISCHE UNIVERSITEIT
Bibliotheek
Geodesie
Thijsseweg 11
2629 JA Delft
verwijderd uit
catalogus
Bibliotheek TU Delft
Faculteit CiTG / DTB
verwijderd uit
catalogus
C 3009229

„SNELLIUS"
1955—1960

LANDMEETKUNDIG GEZELSCHAP
„SNELLIUS"

INSTRUMENTATIE IN DE GEODESIE

1960

UITGEGEVEN TE DELFT TER GELEGENHEID VAN HET VIERDE LUSTRUM

Alstublief

1955-1960
E.R.Bosman.
J.C.Blankenburgh.
P.T.Koetsier.
H.Rietveld.
R.Groot.
Tekeningen:
T.V.A.Pollen.

geachte lezer,

Voor U ligt het derde lustrumboek van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius". Bent U student, dan zult U stellig het eerst de bladzijden opslaan waar het varium is geplaatst (pag. 287). Bent U afgestudeerd, of zelfs nog hoger, dan zult U het wetenschappelijke gedeelte van dit boek het eerst bestuderen. Daarna komen de overige bladzijden aan de beurt. Wat U echter ook bent, deze inleiding leest U niet. Daarom kunnen wij hier rustig beweren dat wij zeer tevreden zijn over ons geesteskind. Natuurlijk hebben wij het boek niet zelf geschreven. De ideeën zijn echter van ons. Nergens in de geodetische literatuur is zo kort, duidelijk, volledig en veelzijdig het onderwerp „Instrumentatie in de Geodesie" belicht. In geen enkel wetenschappelijk werk vindt U zoveel grapjes en eveneens vindt U nergens zo'n volledige opsomming van firma's die geodetische instrumenten leveren. Om kort te zijn: dit boek is uniek.
Een lustrumboekcommissie is te beschouwen als een bemanning op een roerloos schip. Wij zijn namelijk volledig afhankelijk van de auteurs die hun medewerking hebben toegezegd. Wij hebben echter niet te klagen gehad. De sleepboothulp was uitstekend en wij hebben als runners alle tijd gehad aan de verfraaiing van het schip te werken. Wij danken dan ook alle medewerkers, ook die waarvan U de naam in dit boek niet zult aantreffen. Zonder de hulp van deze laatste groep zouden wij stellig in moeilijkheden zijn gekomen.
Eén naam moet de redactie hier in het bijzonder noemen, die van de heer H. Meinema, directeur van „onze" drukkerij. Alle complimenten, voor de opmaak en de typografische verzorging, die wij nu reeds krijgen en stellig in de toekomst nog zullen ontvangen, zijn rechtstreeks complimenten aan de heer Meinema.
Wij wensen U met dit boek evenveel prettige uren toe als wij bij het samenstellen ervan hebben gehad.

DE ONDERAFDELING EN „SNELLIUS"

Door de voorzitter van
de onderafdeling der geodesie
PROF. IR. G. F. WITT

Moge 1960 als laatste jaar van het vierde lustrum van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" voor de geodeten een opmerkelijk jaar zijn, er is dit jaar bovendien een gebeurtenis te herdenken die van niet geringer belang is dan het twintigjarig bestaan van „Snellius". Een gebeurtenis die plaats moest vinden opdat „Snellius" als landmeetkundig gezelschap kon ontstaan.
Zoals in het algemeen de huwelijksvoltrekking voorafgaat aan de geboorte van een kind, zo moest ook in geodetisch opzicht een verbintenis aangegaan zijn, voordat „Snellius" kon worden geboren. Deze verbintenis, dit huwelijk, vond plaats door de instelling van de studie voor civiel-landmeter met ingang van 1 september 1935 aan de Technische Hogeschool. Zonder verder op het polygamistische karakter van de T.H. in te gaan (zij was immers in nog meer van dergelijke „huwelijken" partnerin) kan worden vastgesteld, dat na 5 jaar het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" werd geboren.
Nu is het geen gewoonte om bij de viering van de twintigste verjaardag van een kind grote aandacht te wijden aan het vijfentwintigjarig huwelijksfeest van zijn ouders, dat enige maanden geleden gevierd had moeten worden. Maar het zijn juist de laatste vier woorden van de vorige zin, „gevierd had moeten worden", die voor mij aanleiding zijn om nog even op de belangrijke gebeurtenis van 25 jaar geleden de aandacht te vestigen. Door de geodetische wereld, ook door het kind „Snellius", is noch in woord, noch in geschrift melding hiervan gemaakt. Het enige persbericht verscheen in de rubriek „25 jaar geleden" van een advertentieblaadje, de Delftse Post, dat huis aan huis gratis wordt verspreid. Ik geloof dat het aanmatigend is uit dit feit te concluderen, dat de buitenstaanders meer belangstelling hebben voor de geodesie dan de landmeters zelf.
Hoe het ook zij, de gevestigde geodeten hebben een kans laten voorbijgaan tussen alle herdenkingsfeesten in nog een extra feestje te organiseren en een extra nummer van het Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde met artikelen omtrent allerlei problemen aangaande de opleiding te doen verschijnen. Of zouden zij het heugelijke feit daarom expres hebben verwaarloosd? Zo niet de studenten. Door de instelling van de lustrumviering zal geen enkel kroonjaar aan hun aandacht ontsnappen. Met deze lustrumviering presenteert „Snellius" zich opnieuw aan de buitenwacht, aan hen die met belangstelling kennis zullen nemen van hun activiteiten. En deze zijn bij de viering van dit lustrum vele:

de uitgifte van een lustrumboek, dat qua inhoud en omvang het aanzien van een handboek „dreigt" te krijgen; het organiseren van een tentoonstelling op kartografisch gebied en het houden van een manifestatie buiten Delft, waarover hier verder niets gezegd kan worden. (Bovendien zal een feestavond, voor engere kring te houden, niet ontbreken.) Met deze verrichtingen handelt „Snellius" in overeenstemming met zijn statutaire doelstellingen: uitbreiding der kennis en de behartiging der studiebelangen van zijn leden".
De onderafdeling is er trots op dat „Snellius" op een dergelijke wijze zijn doelstellingen in praktijk brengt. Maar toch mag de spectaculaire wijze waarop „Snellius" naar buiten treedt niet de enige maatstaf zijn voor een beoordeling van zijn daden. De beoordelaar zou dan even foutief handelen als de leraar die de prestaties van een leerling alleen maar beoordeelt naar zijn repetitiecijfers, en niet let op zijn „gewone" cijfers. De lustrumviering moge een belangrijk evenement zijn, de voorbereidingen hebben betrekking op een periode van enkele maanden. Van groter belang voor de studenten, de leden van het gezelschap, zijn die activiteiten die zich in het normale leven afspelen. Tot die werkzaamheden behoren het organiseren van lezingen en excursies in binnen- en buitenland. In dat opzicht vervult „Snellius" een aanvullende taak op het onderwijs, gegeven door de onderafdeling. Het doet niets aan het streven en het werk van het bestuur van „Snellius" af, dat de voordrachten dikwijls minder goed worden bezocht; dit pleit alleen tegen de instelling van de gemiddelde student, die beangst schijnt te zijn zijn blik te verruimen, een verschijnsel dat zich niet alleen bij de geodetische student voordoet. Het bestuur zette dit onderdeel van zijn taak onverdroten voort; de onderafdeling is gaarne bereid het hierin met raad en daad bij te staan. Daarentegen zijn de excursies altijd goed geslaagd; een compliment voor de goede organisatie (b.v. de excursie naar Wenen) is hier op zijn plaats.
Zoals in het begin is aangetoond bestaat er een sterke band, een familieband, tussen de onderafdeling der geodesie en het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius". Natuurlijk bestaan wel eens meningsverschillen (dit komt in de beste families voor), maar dat zijn hoge uitzonderingen. De onderafdeling hoopt dat de samenwerking met het bestuur van „Snellius" op dezelfde aangename wijze zal blijven voortbestaan; zij biedt haar gelukwensen aan bij deze vierde lustrumviering en wenst „Snellius" een tijd van nog grotere bloei en voorspoed toe.

Mijnheer de redacteur,

U hebt mij gevraagd één van de ten geleide's voor Uw Lustrumboek te schrijven. Nu ik mij realiseer wat dat inhoudt, voel ik mij als Esopus die op de markt te Ephese tussen de knappe slaven Cantor en Grammaticus stond. Deze twee wisten alles, zodat er voor Esopus niets te weten overbleef. Ik wilde dus maar van het schrijven van een stukje afzien, want wat kan ik U nog vertellen, na alles wat Uw voortreffelijke schrijvers al geschreven hebben?
Of interesseert het U misschien, welk standpunt „Snellius" ingenomen heeft ten opzichte van art. 60 van het ontwerp hoger-onderwijswet betreffende de mogelijkheid een student het recht tot het volgen van colleges te ontzeggen? Of, dat U al jaren in het jaarverslag een zinsnede kunt aantreffen als: „het bezoek aan de „Nieuwe Prins" liet dit jaar te wensen over"? Of, dat binnen „Snellius" de eerste nozems gesignaleerd zijn? Of, dat de schone traditie van de voetbalwedstrijd lelijk verwatert (soms zelfs letterlijk), doch dat de traditie van het uitluiden van jonge ingenieurs met sadistisch genoegen gehandhaafd blijft? Of, dat twee kleine excursies wegens eerder gebrek aan belangstelling herhaald werden? Of, dat het bestuur desondanks bijna dagelijks geplaagd wordt met vragen over de buitenlandse excursie?
Ach, mijnheer de redacteur, als U dit alles werkelijk interesseert, en bovenal, als U denkt, dat het Uw lezers zal interesseren, dan zou ik er misschien wel iets over kunnen schrijven, maar ik doe het liever niet. Het zijn herinneringen en die horen niet opgeschreven te worden, ze horen een beetje wazig te worden, zodat ze de gloed van de goede, oude tijd krijgen; dan kan er onder het genot van een en ander over gemijmerd worden. Wellicht, mijnheer de redacteur, zie ik U daartoe nog eens in de „Nieuwe Prins".

De voorzitter van het
Landmeetkundig Gezelschap „Snellius"

M. Tienstra

WILLEBRORD SNEL VAN ROYEN

DOOR N. D. HAASBROEK

LECTOR AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE DELFT

Achteraf gezien is het eigenlijk verwonderlijk dat het jubilerende Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" in zijn lustrumboeken van 1950 en 1955 geen aandacht heeft geschonken aan de man aan wie het zijn naam heeft ontleend en die zulk baanbrekend werk heeft verricht op het gebied van de grootte-bepaling van de aarde.

Men heeft dit verzuim – als wij van een verzuim mogen spreken – bij het lustrum in 1960 willen herstellen en de lustrumboekcommissie heeft mij verzocht als verslaggever op te treden. Ik heb dit graag gedaan en aan „Snellius" van 1960 geef ik hieronder een beschrijving van het leven en van het werk van zijn illustere voorganger uit circa 1600 zoals mij dat uit literatuur- en archief-onderzoek ter kennis is gekomen.

Snellius 1580–1626

ZIJN LEVEN EN ZIJN WERKEN

SNELLIUS' familie stamt uit Oudewater. RUDOLPH SNEL VAN ROYEN, zijn vader, is daar geboren op 8 oktober 1546. Reeds in 1561 (hij was toen dus nog maar 15 jaar) studeerde hij Hebreeuws en wiskunde. Later is hij werkzaam geweest in Marburg waar hij Grieks, Latijn en Hebreeuws doceerde. In 1575 is hij naar Oudewater teruggekeerd en daar spoedig getrouwd met MACHTELD CORNELISDOCHTER. Op 2 augustus 1581 werd hij aan de jonge Leidse universiteit (gesticht in 1575) aangesteld als buitengewoon hoogleraar in de wiskunde op een salaris van tweehonderd gulden per jaar „totdat men een in mathematicis beter ervaren mocht bejegenen" [1] *. Ook toen sukkelde men blijkbaar reeds met het probleem van de geschikte leerkrachten. Hij woonde met zijn vrouw en zijn zoon WILLEBRORD (geboren najaar 1580) en 22 kostgangers (studenten) op het Pieterskerkhof [2]. Behalve WILLEBRORD zijn uit het huwelijk nog twee zoons, JACOB en HENDRIK, geboren die beiden op jeugdige leeftijd zijn gestorven.

Op 21 juli 1601 koopt RUDOLPH SNEL VAN ROYEN van BARBARA CORNELISDOCHTER, weduwe van MICHIEL GERRITSZOON, een huis met erf, breed 2 roeden en 9 duim (7,77 m) aan de oostzijde van de Koepoortsgracht, de tegenwoordige Douzastraat, te Leiden [3]. Het was het vijfde huis ten noorden van de hoek van de Lange Raamsteeg met een uitgang naar die steeg [4]. Blijkens de 5 stookplaatsen die het had [5], was het een flink pand. De prijs van drieduizend gulden, een hoog bedrag voor die tijd, demonstreert dit ook nog eens. Vermoedelijk wegens gebrek aan contanten heeft hij de koopsom in termijnen moeten betalen, de eerste, groot *f* 600, op 1 november 1601, de rest in 8 jaarlijkse termijnen van *f* 300 op 1 november van de jaren 1602 t/m 1609.

Op 13 april 1612, ongeveer een jaar voor zijn dood op 1 maart 1613, heeft hij er voor *f* 600 nog een aangrenzend stuk open erf van 2×5 roeden

---

* De getallen tussen haakjes in de tekst verwijzen naar de literatuur die aan het eind van dit opstel is vermeld.

($7{,}53 \times 18{,}83$ m) van het naastliggende perceel (het vierde huis van de hoek) bij gekocht van PIETER KLAASZOON GRAEFF [6].
Ik heb van deze aankopen door SNELLIUS' vader zo'n uitvoerige beschrijving gegeven omdat de eigendom van het perceel na zijn dood op de enige nog levende zoon WILLEBRORD overging die er, op het dak van het huis, voor het eerst in de geschiedenis der landmeetkunde een punt door achterwaartse insnijding bepaalde. Hoewel wij op dit historisch gebeuren in dit artikel nog zullen terugkomen, kan hier reeds worden gezegd, dat ik uit de waarnemingen van SNELLIUS de coördinaten van dit eerste snelliuspunt in het stelsel der Rijksdriehoeksmeting heb kunnen berekenen en daarmee de ligging van het huis op het terrein heb kunnen bepalen.
Deze coördinaten zijn $X = -61426{,}3$, $Y = +367{,}4$. Voor de geografische breedte φ die in dit opstel ook nog van belang zal blijken te zijn, berekent men uit deze coördinaten $\varphi = 52°09'21'',8$.
Wie het huis zou willen bezoeken, moet ik teleurstellen; het is er niet meer. Het werd in 1807 verwoest door de explosie van een kruitschip dat in het iets noordelijker gelegen water van de Steenschuur gemeerd lag. Het is daarom zelfs niet meer op het kadastrale minuutplan afgebeeld. Op de plaats waar het stond bevindt zich nu het gebouw van het Gewestelijk Arbeidsbureau (Douzastraat 2a).

Reeds op 10 jarige leeftijd – op 1 september 1590 – werd WILLEBRORD aan de Leidse universiteit als student ingeschreven, aanvankelijk voor de studie in de rechten. Hij verwisselt deze studie echter spoedig voor die in de wiskunde.
LUDOLPH VAN CEULEN (1540–1610) was zijn leermeester. Van VAN CEULEN weten wij dat hij het getal π in 35 cijfers achter de komma heeft berekend. Hij deed dit door, uitgaande van de in de straal uitgedrukte zijden van de regelmatige in- en omgeschreven vierhoek ($R\sqrt{2}$ en $2R$) de omtrekken te berekenen van de regelmatige in - en omgeschreven 2^{30} hoek, een veelhoek met 1073741824 zijden. De omtrek $2\pi R$ van de cirkel ligt tussen deze beide waarden in. Men moet wel onder de indruk komen van het ontzettende cijferwerk dat aan deze berekening verbonden is geweest. Op VAN CEULENS grafmonument, dat vroeger in de Pieterskerk te Leiden aanwezig was, stond π dan ook met alle 35 decimalen vermeld [7].

Dat SNELLIUS in de wiskunde blijkbaar wel wat betekende, wordt geïllustreerd door het feit dat hij reeds op 7 mei 1600 toestemming krijgt om aan de universiteit voordrachten over wiskunde en astronomie te houden [8]. Wat de sterrenkunde betreft, zullen deze voordrachten wel beperkt zijn gebleven tot de behandeling van de beroemde „Almagest" van CLAUDIUS PTOLEMAEUS (begin 2de eeuw na Christus), waarin de aarde als het middelpunt van het heelal wordt beschouwd. Het is in onze ogen misschien verwonderlijk dat SNELLIUS een aanhanger is gebleven van deze geocentrische bouw van het heelal. De theoriën van COPERNICUS (1473–1543), die zich de zon in het middelpunt denkt (heliocentrisch stelsel), hebben hem blijkbaar niet kunnen overtuigen. Maar wellicht behoeft die verwondering toch weer niet zó groot te zijn als wij bedenken dat COPERNICUS slechts weinigen heeft overtuigd van de juistheid van zijn systeem. Zijn opzienbarend boek „De revolutionibus orbium coelestium" (Over de omwentelingen van de hemellichamen) is zelfs in 1616 – een jaar voor de uitgave van SNELLIUS' „Eratosthenes Batavus" – als ketters op de index geplaatst.
Lang heeft SNELLIUS zijn voordrachten in Leiden niet gehouden, want reeds spoedig vertrekt hij naar het buitenland waar hij KEPLER (1571–1630) ontmoet en waar hij zich onder leiding van TYCHO BRAHE (1546–1601) bekwaamt in het uitvoeren van astronomische metingen.
In 1604 schijnt hij weer in Leiden terug te zijn waar hij zich heeft bezig gehouden met de vertaling in het Latijn van SIMON STEVINS „Wisconstighe gedachtenissen". Het werk kwam in 1608 gereed onder de titel „Hypomnemata mathematica" [9] waarmee het werk van STEVIN (1548–1620) ook voor buitenlandse geleerden toegankelijk was geworden. Later, tussen 1615 en 1619, heeft hij tevens de Latijnse vertaling verzorgd van het werk van VAN CEULEN. Aan diens methode ter berekening van π heeft hij bovendien een belangrijke vereenvoudiging gegeven [10]. SNELLIUS had toen reeds een grote wetenschappelijke vermaardheid. KEPLER noemt hem zelfs „geometrarum nostri seculi decus" (sieraad van de meetkundigen van onze eeuw), een eretitel waarmee men het kan doen.
Op 12 juli 1608 was SNELLIUS te Leiden inmiddels bevorderd tot magister artium en op 1 augustus van dat jaar trouwt hij met MARIA DE LANGE, dochter van LAURENS ADRIAENSE DE LANGE, burgemeester van Schoonhoven, en JANNEKE SYMONS. Uit het huwelijk zijn 18 kinderen geboren

waarvan er slechts drie, twee zoons en een dochter, de ouders hebben overleefd. De beide zoons zijn ongetrouwd gestorven, de dochter, JOHANNA, is de tweede vrouw geweest van ADRIAEN ADRIAENSE VROESEN (1609–1669) met wie zij op 10 juni 1640 trouwde. VROESEN is schepen, lid van de vroedschap en enige malen burgemeester van Rotterdam geweest [11]. Hij kwam uit een regentenfamilie. Zijn grootvader, CORNELIS PIETERSZOON VROESEN (1550–1626), was van 1591–1600 ook reeds burgemeester van Rotterdam. Naar deze is de Vroesenlaan en het Vroesenpark in die stad genoemd [12]. Uit haar huwelijk met ADRIAEN ADRIAENSE had JOHANNA vier kinderen waarvan er enkelen ook weer tot de regentenstand behoorden. Zij trouwden allen en hadden ook weer kinderen. In hen is het geslacht SNEL VAN ROYEN blijven voortbestaan.
Op 5 november 1609 krijgt SNELLIUS opnieuw toestemming tot het houden van voordrachten over wiskunde en astronomie aan de Leidse universiteit en op 9 februari 1613, enkele weken voor de dood van zijn vader, wordt hij als diens opvolger benoemd tot buitengewoon hoogleraar op een jaarsalaris van driehonderd gulden. Dit salaris is reeds in 1614 tot *f* 400 verhoogd. Op 8 februari 1615 volgt zijn benoeming tot gewoon hoogleraar. In februari 1616 is zijn salaris nog eens verhoogd tot *f* 500 en in mei 1618 tot *f* 600, een aanzienlijk bedrag voor die tijd [13].

Uit de literatuur [14] blijkt dat SNELLIUS zich aan de Latijnse vertalingen die hij maakte, niet al te veel gelegen heeft laten liggen. Ze zijn slecht verzorgd en slordig gedrukt. Men krijgt sterk de indruk dat hij zich te veel met andere zaken moest bezighouden. Al zijn beschikbare tijd zal dan ook wel in beslag zijn genomen door zijn graadmeting tussen Alkmaar en Bergen op Zoom die gediend heeft om daaruit de omtrek van de aarde te bepalen.
Deze graadmeting en de door hem aan het eind van zijn leven ontdekte brekingswet van het licht hebben SNELLIUS de onsterfelijkheid gebracht. Het thans jubilerende gezelschap van landmeetkundige studenten aan de Technische Hogeschool heeft twintig jaar geleden de naam van deze Nederlandse pionier tot de zijne gemaakt; het had geen betere keuze kunnen doen.

Natuurlijk was SNELLIUS op de hoogte van de groottebepalingen van de aarde die vóór hem waren gedaan, in de eerste plaats van de poging van

Eratosthenes van Cyrene (276–194 v. Chr.), beheerder van de bibliotheek in het door Alexander de Grote (356–323 v. Chr.) gestichte Alexandrië [15]. Uit het breedteverschil tussen Syene (het tegenwoordige Assoean) en Alexandrië (7°12′ = 0,02 van de cirkelomtrek), beide ongeveer op dezelfde meridiaan gelegen, en de afstand tussen deze beide plaatsen (5000 stadiën) berekende hij de omtrek der aarde (250 000 stadiën). Men zal nooit kunnen zeggen – Prof. Dr. Freudenthal heeft deze opmerking ook al eens gemaakt [16] – hoeveel Eratosthenes in deze groottebepaling mis is geweest om de eenvoudige reden dat men niet zeker weet hoe lang een stadion was. Over het algemeen neemt men 10 stadiën in een zeemijl (1853,181 m). Dit zou de aardomtrek op ca 46250 km brengen. Dreyer [17] leidt, via een Egyptische lengtemaat, voor de lengte van het stadion echter 157,5 m af waardoor de omtrek van de aarde op ca 39375 km zou kunnen worden vastgesteld.

Snellius kende ook de poging van de Fransman Jean Fernel die in 1525 het breedteverschil bepaalde tussen Parijs en het ongeveer op dezelfde meridiaan gelegen Amiens. De lineaire afstand tussen beide plaatsen vond Fernel door het aantal omwentelingen te tellen van het wiel van een rijtuig waarmee deze afstand werd afgelegd.

In het eerste gedeelte van zijn in 1617 verschenen boek „Eratosthenes Batavus; de Terrae ambitus vera quantitate" [18] beschouwt Snellius terecht de resultaten van deze bepalingen als weinig betrouwbaar.

De titelpagina van het boek is in dit opstel gereproduceerd. Drs. J. A. Veering, neerlandicus aan onze Hogeschool, was zo vriendelijk de vertaling ervan te maken. Ze luidt:

DE NEDERLANDSE ERATOSTHENES

OVER DE WARE AFMETINGEN VAN DE OMTREK VAN DE AARDE

DOOR WILLEBRORD SNELLIUS

met behulp van afstanden die aan metingen met instrumenten zijn ontleend.

O, welk een nietswaardige zaak is de mens als hij zich
niet boven de menselijke dingen heeft verheven.

Leiden, bij Jodocus van Colster 1617.

ERATOSTHENES BATAVVS

De Terræ ambitus vera quantitate,

A

WILLEBRORDO SNELLIO,

Διὰ τῶν ἐξ ἀποστημάτων με-
τρουσῶν διόπτρων,

Suſcitatus.

O quam contem-
pta res eſt homo, niſi
ſupra humana ſe ere-
xerit.

LVGDVNI BATAVORVM,
Apud IODOCVM à COLSTER
Ann. CIↃ IↃ CXVII.

In wezen verschilt de door SNELLIUS gevolgde methode van de meting van een gedeelte van een meridiaan weinig van die van zijn grote voorganger uit de Griekse oudheid. Evenals ERATOSTHENES bepaalt ook hij uit het breedteverschil van 2 plaatsen die nagenoeg op dezelfde meridiaan liggen, en uit de afstand tussen die plaatsen de lengte van de meridiaanboog. Het grote verschil evenwel met de werkwijzen van ERATOSTHENES en FERNEL is dat SNELLIUS, als eerste ter wereld, de lengte van die boog bepaalde door middel van een triangulatie, de meting van een net van driehoeken dat tussen Alkmaar en Bergen op Zoom werd gelegd. Uit de gemeten hoeken van die driehoeken en uit de lengte van een zijde van een van die driehoeken kan men de afstand van Alkmaar naar Bergen op Zoom vervolgens door berekening vaststellen.
Bovendien is SNELLIUS de eerste geweest die de lengte van een van de zijden van een driehoeksnet heeft bepaald op een wijze die thans nog als de enig juiste wordt geoordeeld. Door het meten van een betrekkelijk korte, juist gekozen basis en door het uitvoeren van hoekmetingen heeft hij nl. de gemeten lengte door berekening op die zijde overgebracht.

Het is een grote verdienste van SNELLIUS dat hij onmiddellijk heeft ingezien dat de door hem bij zijn meting gebruikte eenheid van lengte, de Rijnlandse roede, goed gedefinieerd moest worden. Hij heeft daaraan dan ook, veel meer dan iemand anders vóór hem, zeer veel zorg besteed. Desondanks is, zoals Dr. J. D. VAN DER PLAATS in zijn uitstekend en zeer uitvoerig artikel „Overzicht van de graadmetingen in Nederland" [19] opmerkt, de lengte van de door SNELLIUS gebruikte roede niet precies bekend [20]. De lengte van deze Rijnlandse roede ligt echter binnen heel wat engere grenzen dan die van het Griekse stadion, de standaardmaat van ERATOSTHENES. De lengte van de roede, zoals die in februari 1808 officieel is vastgesteld bedraagt 3,76737 meter. VAN DER PLAATS meent echter dat in SNELLIUS' tijd deze maat iets kleiner was [21]. Hij becijfert haar op ongeveer 3,7635 meter.
In JORDANS „Handbuch der Vermessungskunde" vind ik bij een beschrijving van de triangulatie van SNELLIUS dat een roede 3,7662420 m zou zijn [22]. Gelukkig zijn de tegenstrijdigheden niet al te groot en in elk geval niet van overwegende invloed op de bepaling van de nauwkeurigheid waarmee SNELLIUS heeft gewerkt.
Om afstanden die door SNELLIUS zijn bepaald te vergelijken met de

waarden die wij daar thans voor kennen, heb ik 1 roede = 3,766 meter gebruikt.

Hoewel de roede verdeeld was in 12 voet en de voet in 12 duim, werkt SNELLIUS, in navolging van STEVIN, met tienden en honderdsten van roeden. Hij toont zich hiermede een aanhanger van een decimaal stelsel dat hem uiteraard gemak heeft opgeleverd bij zijn berekeningen. Toch contrasteert in onze ogen deze „modern" aandoende werkwijze sterk met zijn thans zo verouderd klinkende geocentrische wereldbeschouwing die ook in zijn „Eratosthenes Batavus" op bladzijde 11 tot uiting komt: „de aarde is bolvormig en het middelpunt van het heelal".
Het eerste deel van zijn boek (blz. 1–116) is grotendeels historisch; in het tweede deel wordt de eigenlijke graadmeting behandeld. Dit gebeurt zeker niet op een wijze die wij tegenwoordig in wetenschappelijke werken gewend zijn. Dikwijls immers vervalt hij in uitweidingen en beschouwingen die wij, als mensen van de 20ste eeuw, weinig zakelijk vinden. In SNELLIUS' tijd waren deze uitweidingen echter heel gewoon. Ter illustratie geef ik mijn lezers de vertaling van enige bladzijden [23]. Ze hebben betrekking op de komst van de baronnen STERRENBERG aan wie het tweede deel van het boek is opgedragen. Zij schijnen SNELLIUS in veel behulpzaam te zijn geweest, maar het is niet zeker dat zij ook zelf waarnemingen hebben verricht [24].

> Maar om toch aan allen onze ijver te laten blijken en om te tonen dat wij met de grootste zorg en nauwgezetheid ons met dit werk hebben bezig gehouden, zet ik hier de nieuwe landmeetkunde uiteen waarmee ik opnieuw de juiste afstand tussen Gouda en Oudewater beoog bekend te maken; deze heb ik niet uit het voorafgaande afgeleid; ik toon aan dat zij is opgebouwd, van het begin af aan, naar de regels van de kunst, opdat ik vervolgens veilig en ongestoord het overige deel zal kunnen doorlopen.
> Daar nu de edele Oostenrijkse baronnen, de gebroeders Erasmus en Caspar Sterrenberg, al heel diep in de kennis van de rekenkunde en de meetkunde waren doorgedrongen en bedreven waren in de wetten van de raaklijnen aan de cirkel (wij noemen deze meestal de leer van de driehoeksmeting), wilden zij graag, als Alexander de Grote, de krachten van hun vernuft op de proef stellen, niet in het zachte zand [25] maar in een waardiger materiaal dat zijn gebruik

en voordeel tot over velen zou uitstrekken. Toen echter besloten zij, vermoeid door langdurige en ijverige inspanning, hun geest in de zomervakantie wat te ontspannen en los te maken van de zware studies. De zeer geleerde man Joannes Philemon, toendertijd hun studiemeester, groot in vernuft en wetenschap, die daarin reeds toen geen middelmatige vorderingen had gemaakt, zeide dat hij een tocht beraamde naar de naburige gewesten opdat deze vakantie wel onbekommerd, maar niet helemaal in niets doen zou wegvloeien; zo zouden zij de aangrenzende streken leren kennen en tegelijk ook later daarover hun oordeel kunnen uitbrengen. Dit nu prijs ik ten zeerste in hem, maar ook hun besluit waardeer ik hoog.
En zo vroegen allen tegelijk als uit één mond mij als metgezel op deze tocht en zij lieten niet toe dat ik, op welke wijze dan ook, hun dit zou weigeren; ja, haast tegen mijn wil voerden zij mij weg van mijn huis en de mijnen. Vooral immers omdat ik vroeger melding had gemaakt van de landmeetkunde en gezegd had hoeveel lof men mag verwachten van het dankbare nageslacht als men langs deze weg de juiste omtrek van de aarde heeft bepaald.
Nu hadden zij al heel wat van de boldriehoeksmeting geproefd. Zo zou ik verrichten wat ik eens maar in het voorbijgaan had gezegd, maar wat zij ernstig in zich hadden opgenomen.
Wij bereidden ons dus zeer zorgvuldig op de reis voor en haalden de instrumenten voor zo'n grote onderneming te voorschijn. Een halve cirkel met een middellijn van $3^1/_2$ Rijnlandse voet dienende om, door waarnemingen vanaf de torens, hoeken en afstanden langs landmeetkundige weg te bepalen [26]. Een zeer groot ijzeren kwadrant, met brons beslagen, groter dan $5^1/_2$ voet, om de poolshoogte te meten.
Zo reisden wij naar Oudewater om daar eerst een paar dagen uit te rusten, van plan om in die afzondering een standplaats uit te zoeken. Ik had tegelijk het voornemen om het graf van mijn vader en grootvader die, daar begraven, de dag der opstanding afwachten, te bezoeken en vooral mijn oude moeder die weduwe is, te begroeten; zij had het voorafgaande jaar, na de dood van mijn liefste vader de zeer edele heer Rudolph Snellius, er in toegestemd ook haar laatste levensdagen daar te zullen eindigen bij de graven van haar dierbaren.

Vervolgens schrijft SNELLIUS over Oudewater „allerberoemdst om de eenvoud en werklust van de inwoners", hij vertelt over het beleg door de Spanjaarden, over een handjevol soldaten dat, geholpen door mannen, vrouwen en „krijgshaftige meisjes", de vijand met kokende teer bestookt, over de inname van de stad, de bedreven gruwelen en de verwoesting [27].

> In zo'n helder lichtend vuur ging deze stad in vlammen op dat zij aan allen over heel Holland, als vanuit een vuurtoren, de aankomst van de allerwreedste vijand verkondigde, zodat het vaststaat dat dit niet alleen in Amsterdam, maar zelfs in Noord Holland, Hoorn en Enkhuizen (wat een zeer lange afstand is) gezien is [28].

Na te hebben opgemerkt dat hij door zijn vaderlandsliefde en de herinnering aan de zijnen is afgedwaald, hervat SNELLIUS pas op blz. 179 zijn zakelijk betoog.

De door SNELLIUS verrichte werkzaamheden kan men splitsen in die welke betrekking hebben op

a. de basesmetingen en de overbrenging van deze bases op een zijde – de zijde Leidse stadhuis–Jacobstoren den Haag – van het primaire driehoeksnet;
b. de bepaling van het primaire driehoeksnet;
c. de astronomische metingen, d.w.z. de bepaling van de geografische breedten van Alkmaar, Bergen op Zoom en zijn huis te Leiden en de bepaling van het astronomisch azimut van de richting van zijn huis naar de Jacobstoren in den Haag;
d. de overbrenging van dit astronomisch azimut op de zijde Leidse stadhuis–Jacobstoren den Haag van het primaire driehoeksnet.

Aan elk van deze onderdelen wijd ik hieronder een summiere beschouwing. Wie uitvoeriger ingelicht wil worden raadplege het reeds meermalen geciteerde artikel van VAN DER PLAATS. Overigens kan worden opgemerkt dat ten tijde van het ontstaan van dat artikel – 1889 – de gegevens van de Rijksdriehoeksmeting nog niet bekend waren. Een nieuwe analyse van het werk van SNELLIUS in 1960 heeft dus het voordeel dat meer en nauwkeuriger vergelijkingsmateriaal aanwezig is dan VAN DER PLAATS ter beschikking had.

Voor het overzicht van de gemeten bases die alle in de omgeving van Leiden liggen, verwijs ik naar fig. 1. Ik heb deze figuur gedeeltelijk aan

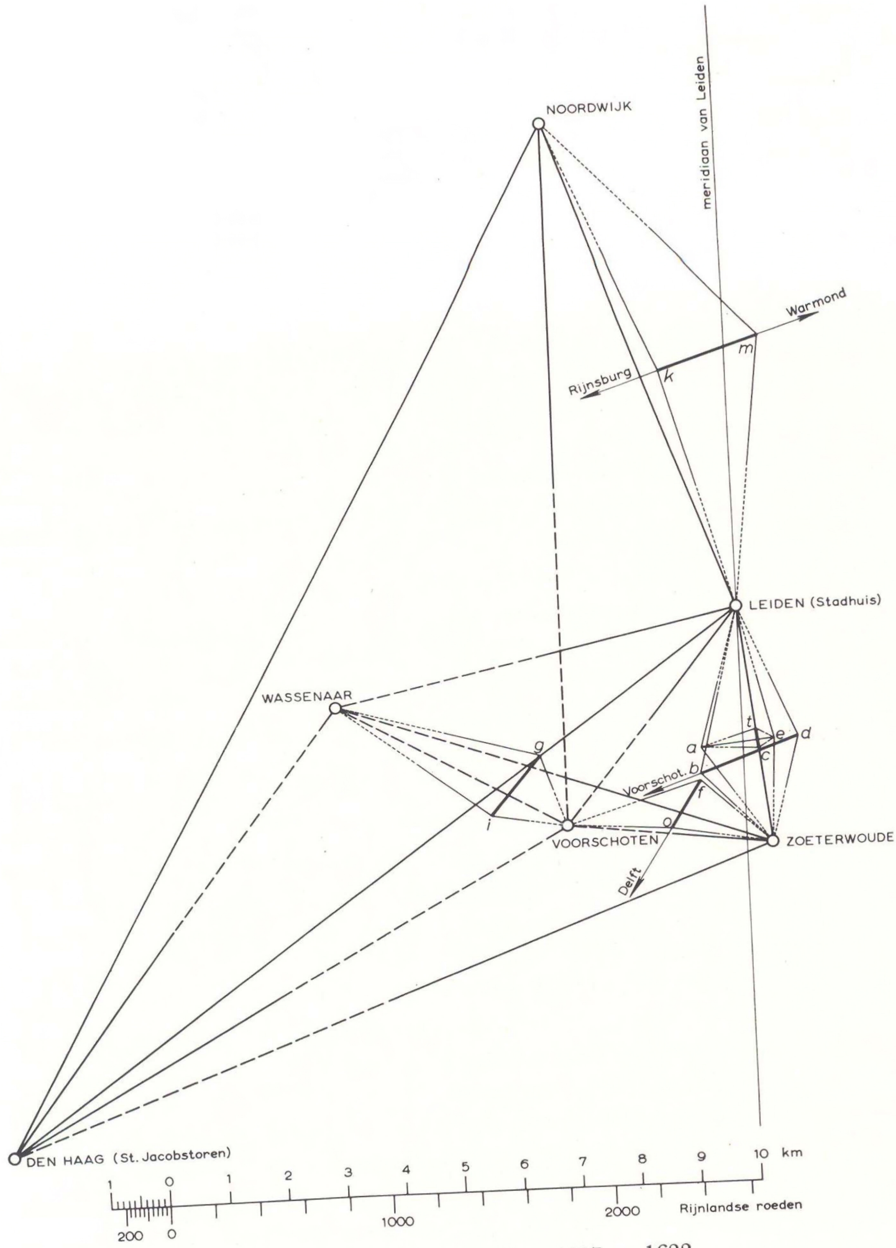


Fig. 1 Basesnet van Snellius, 1617 en 1622

het werk van VAN DER PLAATS ontleend. SNELLIUS zelf gebruikt in tal van afzonderlijke figuurtjes zeer onoverzichtelijke notaties [29].
De oorspronkelijke bases, gemeten in 1615 en 1616, waren de zijden *tc* en *ig*, lang resp. 87,05 roeden (327,8 m) en 348,1 roeden (1310,9 m), gemeten langs de grond met een „landmetersketting". Door hoekmeting, eerst in *t* en *c* naar *a* en *e* en daarna in *a* en *e* naar L(eiden, stadhuis) en Z(oeterwoude), werd uit *tc* de afstand Leiden–Zoeterwoude berekend (1092,33 roeden = 4113,7 m) [30]. Op overeenkomstige wijze volgde uit de hoekmetingen in de basiseindpunten *i* en *g* de afstand W(assenaar)–V(oorschoten) (1174,42 roeden = 4422,8 m) [31].
De hoekmeting geschiedde met een kwadrant (straal $2^1/_5$ voet = 0,69 m) of een halve cirkel (straal $1^3/_4$ voet = 0,55 m). Op deze instrumenten die nog niet van optiek waren voorzien – op alle richtpunten moest dus met het blote oog worden ingesteld – konden minuten worden afgelezen. Ze waren vervaardigd door de beste instrumentmaker die SNELLIUS zich kon wensen en die terecht in Europa vermaard was: WILLEM JANSZN. BLAEU (1571–1638), tevens beroemd om zijn atlassen en globes.
Uit de zijden LZ en WV en de hoeken die in L, Z en H waren gemeten, kon tenslotte de lengte LH, een zijde van het primaire driehoeksnet, op 2 manieren worden berekend. Het resultaat 4103,36 roeden en 4103,21 roeden [32] met een gemiddelde 4103,3 roeden (15453 meter) is zeer fraai. In werkelijkheid is de afstand 15498,2 m.
Wij, in onze tijd, kunnen ons de moeilijkheden nauwelijks voorstellen waarmee SNELLIUS te kampen zal hebben gehad: de bezwaren van het opstellen van zijn onhandig grote instrumenten op de torens, de invloed van de wind op de waarnemingen en de vaak zeer grote afstanden waarover met het blote oog moest worden gericht. Het lijkt ons wel haast onmogelijk dat hij op deze wijze de hoeken van de uitzonderlijk grote driehoek Leiden–Utrecht–Dordrecht heeft kunnen meten (de zijde Utrecht–Dordrecht is ca 44 km) en – zoals straks bij de beschouwing van zijn primaire driehoeksnet zal blijken – nog met zo'n goed resultaat.
Ook de berekening moet een enorm werk zijn geweest. Wij, met onze rekenmachines, zijn geneigd dat werk te onderschatten. Men realisere zich echter eens dat SNELLIUS het heeft moeten uitvoeren zelfs zonder het gebruik van logaritmen. De „ontdekking" van de logaritmen door JOHN NAPIER in 1614 heeft zeker niet onmiddellijk tot een algemeen gebruik ervan geleid.

Op SNELLIUS' hoekmetingen kan de nodige kritiek worden uitgeoefend. De scherpe tophoeken b.v. van de driehoeken die, tussen Leiden en Zoeterwoude, voor de basisoverbrenging hebben gediend, zijn niet gemeten en op een nauwkeurige bepaling van die hoeken komt het juist aan. SNELLIUS zelf wist dat maar al te goed. Maar zijn praktisch verzuim wordt ruimschoots gecompenseerd door de prachtige vondst van een rombische basisoverbrenging die vóór hem nooit was toegepast en die twee eeuwen na hem (in 1820) op grond van theoretische beschouwingen door SCHWERD als de gunstigste werd beschouwd [33].
Later, in januari en februari 1622, dus lang nadat hij zijn ,,Eratosthenes Batavus" had gepubliceerd, heeft SNELLIUS opnieuw een basesnet gemeten, thans over de ijslaag die de ondergelopen weilanden in de omgeving van Leiden bedekte. Deze bases, *bd*, *fo* en *km* zijn eveneens in fig. 1 aangegeven. Speciaal *bd* ligt uitermate gunstig en daar ze met haar 475,0 roeden (ca 1789 m) (driemaal gemeten) [34] veel langer is dan *tc* (87,05 roeden) moet de bepaling van de lengte Leiden–Zoeterwoude uit deze basis (1097,10 roeden = 4131,7 m) beter worden geacht dan het resultaat van de meting in 1615 (1092,33 roeden = 4113,7 m).
Wij zijn van deze aanvulling van het basesnet, waarin ook Noordwijk werd opgenomen, zo goed op de hoogte omdat zich in de nalatenschap van SNELLIUS een exemplaar van de ,,Eratosthenes Batavus" heeft bevonden waarin, in zijn eigen handschrift, een groot aantal wijzigingen naast de gedrukte tekst is aangebracht. In het boek, dat zich thans in de Koninklijke Bibliotheek te Brussel bevindt, zijn bovendien 24 bladzijden genaaid die eveneens door SNELLIUS zelf zijn geschreven. Ze bevatten aanvullingen en verbeteringen die zowel betrekking hebben op het basesnet als op het primaire driehoeksnet [35]. Ongeveer honderd jaar na zijn dood zijn zij in handen gekomen van PETRUS VAN MUSSCHENBROEK (1692–1761), toen hoogleraar in Utrecht, doch sedert 1740 hoogleraar in de wiskunde en wijsbegeerte te Leiden [36]. Hij heeft SNELLIUS' aantekeningen aan een controle onderworpen en er, op grond van eigen waarnemingen, weer een groot aantal veranderingen in aangebracht. Hierop heeft hij nieuwe berekeningen gebaseerd die hij in 1729 publiceerde in zijn ,,De Magnitudine terrae", deel uitmakende van ,,Physicae experimentales et geometricae de magnete" (Leiden 1729). Wij zullen nog zien dat de veranderingen door VAN MUSSCHENBROEK in het werk van SNELLIUS aangebracht, lang niet altijd verbeteringen zijn.

Indien ik aanneem dat de toren van Zoeterwoude uit SNELLIUS' tijd op dezelfde plaats staat als de tegenwoordige – controleberekeningen tonen het tegendeel niet aan – dan had SNELLIUS bij de berekening van zijn basesnet in 1622 voor de afstand Leiden–Zoeterwoude moeten vinden 1099,0 roeden (4138,9 m), een waarde die slechts ongeveer 7 m, dat is 0,17%, groter is dan de zijne.
De lagere temperatuur tijdens de metingen in 1622 kan slechts voor een zeer klein deel de afwijking van ca 0,5 % verklaren tussen de afstanden Leiden–Zoeterwoude in 1615 en in 1622. Ik vermoed daarom dat SNELLIUS bij zijn metingen in 1615 een oude meetketting zal hebben gebruikt. Op de vele plaatsen waar de schakels van zo'n ketting aan elkaar sluiten treedt op den duur gemakkelijk slijtage op: de ketting wordt te lang.
De zijde Leiden–Noordwijk kan in het nieuwe basesnet met controle worden berekend, nl. via LV in driehoek LVN en, direct, uit de basis *km*. De eerste berekening vindt men bij VAN MUSSCHENBROEK op blz. 403 (probleem XI). De hoeken L, V en N hebben daar waarden van 121°05', 38°58' en 19°57'; de basis LV is 1268,63 roeden. Uit deze lengte en de genoemde hoeken berekent VAN MUSSCHENBROEK LN = 2338,22 roede. De berekening uit de basis *km* behandelt hij als probleem XII op blz. 403. Uit *km* = 471,50 roeden en de in *k* en *m* gemeten basishoeken vindt hij LN = 2338,00 roeden, een resultaat dat opvallend mooi overeenkomt met de zojuist vermelde waarde 2338,22 roeden en dat eigenlijk onmogelijk kan worden verwacht. Immers driehoek LVN met hoek N = 19°57' is veel te slecht gevormd om uit LV LN met een redelijke graad van nauwkeurigheid te berekenen en de beide driehoeken met *km* als basis en L en N als top hebben dermate kleine tophoeken (22°44' en 21°0') dat een zó goede bepaling van LN uit die driehoeken bijna onmogelijk lijkt.
De bepaling van de zijde Leiden–den Haag van het primaire driehoeksnet behandelt VAN MUSSCHENBROEK als probleem XIII op de bladzijden 403 en 404 van zijn boek. In de driehoek den H(aag)–N(oordwijk)–L(eiden) met LN = 2338,22 roeden en de hoeken H = 25°15', N = 48°42' en L = 106°03' vindt hij LH = 4118,07 roeden. Hij controleert dit resultaat door in probleem XIV op blz. 404 deze afstand ook uit te rekenen uit de driehoek L(eiden)–Z(oeterwoude)–den H(aag). Voor LZ gebruikt hij uiteraard de waarde 1097,10 roeden die uit de basis *bd* is afgeleid; de hoeken 60°32', 104°32' en 14°56' ontleent hij aan de „Eratosthenes Batavus" (blz. 167).

Het gevonden bedrag 4120,8 roeden komt met de eerste berekening prachtig overeen. Zekerheidshalve heb ik zelf met LN = 2338,11 roeden (8805,3 m), het gemiddelde van de beide waarden die VAN MUSSCHENBROEK voor de zijde Leiden–Noordwijk heeft gevonden, LH eveneens berekend. Ik vind LH = 4117,8 roeden (15507,6 m) een zeer fraai resultaat dat nog dichter bij de juiste afstand 15498,2 m ligt dan de waarde 15453 m die SNELLIUS in de „Eratosthenes Batavus" berekent.
Ik heb hier met opzet de resultaten van dit gedeelte van het werk van VAN MUSSCHENBROEK wat uitvoerig vermeld omdat ik gegronde redenen heb aan te nemen dat hij naar een bepaald resultaat – de lengte van de zijde Leiden–den Haag – heeft toegewerkt en zijn „waarnemingen" aan dat resultaat heeft aangepast. De opvallend fraaie overeenkomst tussen de beide berekeningen van LN en het sluiten van de hoeken in de driehoek HNL zouden nog aan een gelukkig en zeer uitzonderlijk toeval kunnen worden toegeschreven als de toren van Noordwijk uit SNELLIUS' of VAN MUSSCHENBROEKS tijd ongeveer 130 m ten zuidzuidoosten zou hebben gestaan van de plaats waar hij zich nu bevindt. Dit nu is niet waar. De tegenwoordige toren van Noordwijk dateert al uit het begin van de 13de eeuw en in het werk van J. KLOOS: „Noordwijk in den loop der eeuwen" (Noordwijk 1928) is geen enkele aanwijzing te vinden dat zich op de boven aangegeven plaats ooit een andere toren zou hebben bevonden. Een op het terrein ingesteld onderzoek bevestigt dit.
De waarden H = 25°15′, N = 48°42′ en L = 106°03′ verschijnen zo wel in een bijzonder licht. Neemt men als zeker aan dat de tegenwoordige toren richtpunt en standplaats is geweest bij SNELLIUS' metingen in 1622 dan hadden voor de hoeken van driehoek HNL opvolgend waarden gevonden moeten worden van ca 25°29′33″, 48°19′53″ en 106°10′34″. Ze wijken zó veel (tot 22′) af van de bedragen die VAN MUSSCHENBROEK vermeldt, dat de enig mogelijke conclusie moet zijn dat het waarnemingsmateriaal dat VAN MUSSCHENBROEK ter beschikking stond op een wijze is „geïnterpreteerd" die ik niet voor mogelijk had gehouden.
Het zo fraai lijkende resultaat voor de zijde Leiden–Noordwijk – 2338,22 en 2338,00 roeden – blijkt ongeveer 2371 roeden te moeten zijn. Ik hoop uit het handschrift uit de Brusselse bibliotheek te kunnen nagaan welke waarden SNELLIUS voor de hoeken heeft gemeten die de ligging van Noordwijk in het basesnet bepalen. De resultaten van dat onderzoek zal ik helaas in dit artikel echter niet meer kunnen publiceren.

Het primaire driehoeksnet met LH als basis is aangegeven in figuur 2. Het heeft 14 hoekpunten. Op Rotterdam na zijn in al deze hoekpunten waarnemingen verricht [37]. Het net heeft 21 veelal gunstig gevormde driehoeken, in 10 ervan zijn alle hoeken gemeten. De verbindingslijnen van de hoekpunten van die driehoeken zijn in fig. 2 als volgetrokken lijnen aangegeven. De betekenis van de onderbroken lijnen in de figuur zal duidelijk zijn: in Zaltbommel b.v. is wel de hoek tussen Dordrecht en Utrecht gemeten, maar niet die tussen Breda en Oudewater.
Ik heb reeds eerder opgemerkt dat het bewondering en verwondering afdwingt dat SNELLIUS met primitieve hulpmiddelen (richtmiddelen zonder optiek) vaak zeer grote afstanden heeft kunnen overbruggen en zijn metingen in zo'n korte tijd (vermoedelijk alle in de zomer van 1615) heeft kunnen voltooien. Ik geloof dat dit in de tegenwoordige tijd met zijn door rook en smook bezwangerde atmosfeer niet meer mogelijk zou zijn. Natuurlijk heeft SNELLIUS zich wel eens vergist in de identificatie van een richtpunt. VAN DER PLAATS geeft daarvan op gezag van VAN MUSSCHENBROEK een voorbeeld [38]. Volgens dit voorbeeld zou SNELLIUS vanuit Utrecht niet op de toren van het stadhuis te Leiden hebben gericht maar op een andere die 20′ zuidelijker lag en vanuit Dordrecht op een toren die 16′ westelijker is gelegen. VAN MUSSCHENBROEK en met hem VAN DER PLAATS vergist zich hier echter. De hoeken in Leiden, Utrecht en Dordrecht door SNELLIUS volgens zijn „Eratosthenes Batavus" gemeten zijn [39] respect. 63°26′, 54°08′ en 62°28′. Uit de coördinaten van de standplaatsen in het stelsel der Rijksdriehoeksmeting [40] bereken ik opvolgend 63°24′38″, 54°04′09″ en 62°31′17″ (het sferisch exces van de driehoek is circa 4″). Deze waarden komen redelijk overeen met die van SNELLIUS. Ze wijzen in geen geval op fouten door deze in de identificatie van de torens gemaakt. Wel is er sprake van zulke identificatiefouten in de driehoek Alkmaar (St. Laurenskerk)–Amsterdam (Oude kerk)–Haarlem (St. Bavo) die evenwel niet door VAN MUSSCHENBROEK en VAN DER PLAATS worden gesignaleerd. Volgens „Eratosthenes Batavus" [41] zouden de hoeken in Alkmaar, Amsterdam en Haarlem opvolgend zijn 34°22′, 67°45′ en 77°55′ (sluitfout in de driehoek toevalligerwijs slechts 2′). In werkelijkheid zijn ze echter 34°34′42″, 67°35′08″ en 77°50′12″ (sferisch exces ca 2″). Weliswaar heeft SNELLIUS bij de nieuwe meting van een groot aantal hoeken van zijn primaire net in 1620 de waarneming 67°45′ in Amsterdam verbeterd in 67°36′ [42], een bedrag dat aanmer-

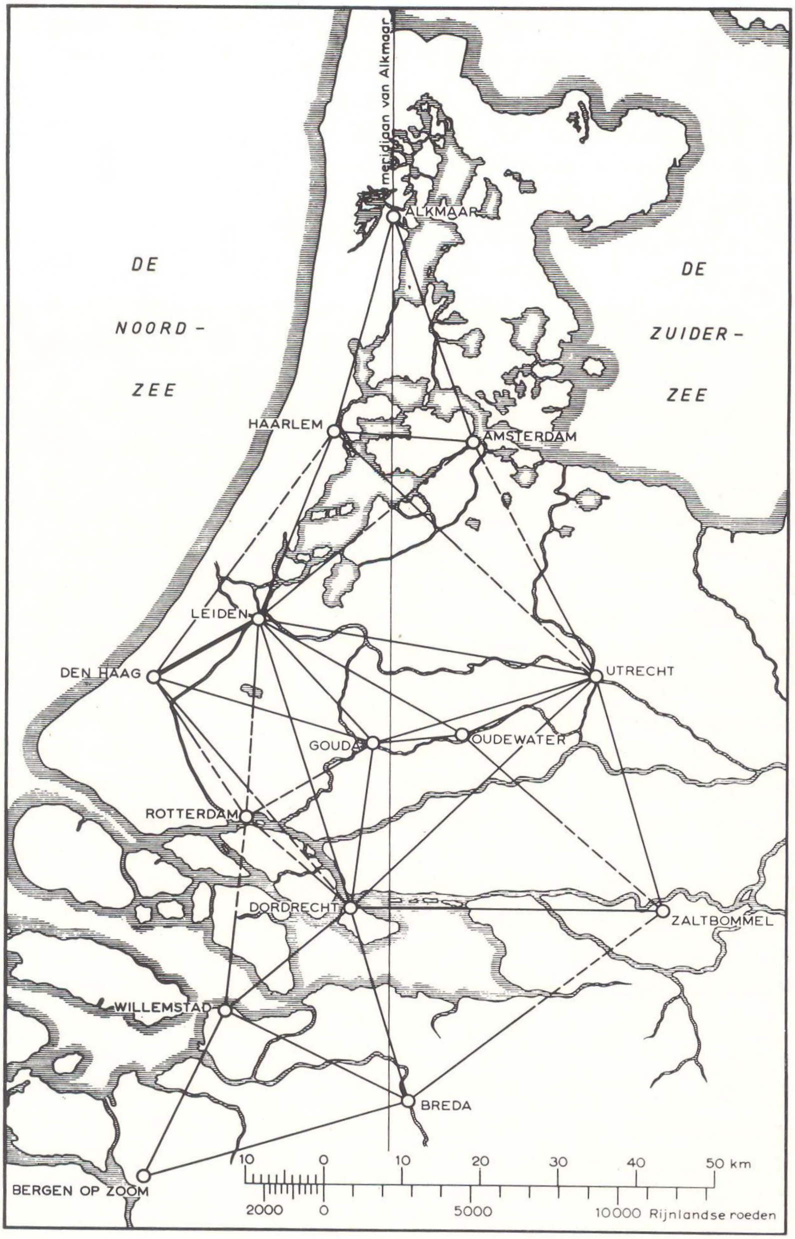


Fig. 2 Driehoeksnet van Snellius, 1617

kelijk dichter bij de waarheid ligt, maar die in Haarlem heeft hij gecorrigeerd tot de veel slechtere waarde 78°02′. Hoewel de driehoek nu sluit, vertoont ze fouten in de hoeken opvolgend van +13′, −1′ en −12′.
Ook in andere gevallen kan men nu eens spreken van een verbetering van de hoeken uit de „Eratosthenes Batavus", dan echter weer van een verslechtering. De zeer slechte hoek 90°12′ in Breda tussen de richtingen naar Bergen op Zoom en Dordrecht b.v. verbetert hij in 89°33′ (werkelijke waarde 89°34′11″) maar de goede hoek 54°08′ in Utrecht tussen de richtingen naar Dordrecht en Leiden verknoeit hij tot 54°29′. Ik geloof niet dat de geweldige moeite die SNELLIUS zich voor de herziening heeft moeten getroosten, een evenredig resultaat heeft gehad.
VAN MUSSCHENBROEK brengt het er met zijn veranderingen niet veel beter af. Zijn verkeerde conclusies in de driehoek Leiden–Utrecht–Dordrecht heb ik al genoemd en de zeer foutieve hoek 45°59′ door SNELLIUS in Breda tussen Willemstad en Dordrecht gemeten (de werkelijke waarde is 46°10′10″), verknoeit hij nog verder tot 45°48′.
Gezien in het licht van de tijd waarin hij leefde (men had toen immers de richtkijker reeds tot zijn beschikking), moet het werk van VAN MUSSCHENBROEK zonder twijfel aanmerkelijk slechter worden geacht dan dat van SNELLIUS.
Als men het net van SNELLIUS aan een verdere beschouwing onderwerpt, dan blijkt dat men, door weglating van 9 zijden uit dat net, uit de basis Leiden–den Haag alle andere zijden kan berekenen. SNELLIUS heeft dan ook deze 9 zijden op twee manieren bepaald. Het verschil tussen de uitkomsten van beide berekeningen geeft een indruk van de betrouwbaarheid van zijn werk. Zo kan men b.v. LU berekenen uit de driehoek LUG [43] nadat men eerst LG heeft bepaald uit driehoek HLG [44]. Men kan echter ook LU vinden uit driehoek LUD [45]. De zijde LD die daarin voorkomt, kan men ontlenen aan driehoek LGD [46]. De zijde LG uit die driehoek berekent men uit de basis LH in driehoek HLG [44].
Ik heb SNELLIUS hier eens nagerekend. Zijn werk is lang niet feilloos; hij maakt verschillende rekenfouten. Met de oorspronkelijke basis LH = 4103,3 roeden vindt men LU = 11627,3 roeden volgens de eerste methode en LU = 11617,1 roeden volgens de tweede. SNELLIUS zelf becijfert respect. 11628,8 en 11631,8. Met dezelfde hoeken doch met de verbeterde basis LH = 4117,8 roeden vindt men voor de afstand tussen

het Leidse stadhuis en de domtoren te Utrecht respect. 11668,4 en 11658,1 roeden. In werkelijkheid bedraagt die afstand 43836,1 m dat is 11640 roeden, een resultaat dat ten hoogste 0,2% van dat van SNELLIUS afwijkt. Ook de zijde Breda–Dordrecht, die aanmerkelijk verder van de basis is gelegen, voldoet aan redelijke eisen. SNELLIUS berekent haar ook op twee manieren [47]. Hij vindt 7005,7 en 6998,0 roeden. Zij is, berekend uit de gegevens van de Rijksdriehoeksmeting, 26282,0 m of 6978,8 roeden.
Uiteraard gaan grove fouten in de lengten van de driehoekzijden optreden als SNELLIUS zich in de identificatie van de torens heeft vergist, zoals in de driehoek Alkmaar–Amsterdam–Haarlem [41].
De driehoekzijde Haarlem–Amsterdam waarvan hij bij zijn berekening moest uitgaan (4730,0 roeden = 17813,2 m), voldoet nog aan redelijke eisen maar de opstaande zijden Haarlem–Alkmaar (7754,2 roeden = 29202,3 m) en Amsterdam–Alkmaar (8193,0 roeden = 30854,8 m) zijn slecht. De zijden Haarlem–Amsterdam, Haarlem–Alkmaar en Amsterdam–Alkmaar hebben in werkelijkheid een lengte van 17746,3 m, 28907,0 m en 30567,5 m.
Uit zijn driehoeksnet vindt SNELLIUS voor de afstand van Alkmaar naar Bergen op Zoom 34710,6 roeden [48]. De werkelijke afstand is, berekend uit de gegevens der Rijksdriehoeksmeting, 130438,8 m (34635,9 roeden) [49]. Ze verschilt slechts ca 0,2% met die uit 1617.
Volgens VAN DER PLAATS [50] zou uit de verbeterde meting van SNELLIUS in 1620 zelfs een resultaat 34626,2 roeden zijn af te leiden. Het door VAN MUSSCHENBROEK beïnvloede werk geeft 34952,5 roeden; het is aanmerkelijk slechter dan dat van SNELLIUS.
Uit het voorgaande blijkt wel dat het tot dusverre besproken gedeelte van het werk van SNELLIUS (niet dat van VAN MUSSCHENBROEK) niet alleen de toets van de kritiek volledig kan doorstaan, maar dat het, afgezien van de rekenfouten en een aantal identificatiefouten die hij maakt, beschouwd kan worden als het beste dat men in die tijd kon presteren.

Aanmerkelijk minder goed dan de meting van zijn driehoeksnet is het astronomische gedeelte van het werk geweest dat moest dienen om uit het breedteverschil van Alkmaar en Bergen op Zoom en de op de meridiaan van Alkmaar geprojecteerde afstand tussen deze beide plaatsen de omtrek van de aarde te bepalen.
Hoe SNELLIUS zijn astronomische metingen – drie breedtebepalingen (in

Alkmaar, Bergen op Zoom en Leiden) en een azimutsbepaling (op het dak van zijn huis te Leiden) – heeft uitgevoerd, is onbekend. Wel weten wij dat hij voor het meten van de poolshoogten een ijzeren kwadrant gebruikte „met brons beslagen en groter dan $5^1/_2$ voet" (ca 1,75 m) [51]. Een minuut op de rand van dit kwadrant komt overeen met 0,5 mm. Het instrument is niet bewaard gebleven. Wel een nog groter kwadrant dat, in opdracht van SNELLIUS, eveneens door BLAEU was vervaardigd en dat een straal heeft van 7 voet (2,20 m). Het is, na SNELLIUS' dood, door zijn opvolger GOLIUS voor *f* 125 gekocht [52]. Deze deed het in 1632 weer over aan Curatoren der Leidse universiteit. Het was het eerste instrument dat de in 1633 gestichte Leidse Sterrenwacht ter beschikking had. Het is nog in Leiden aanwezig [53].
Voor Alkmaar vond SNELLIUS een breedte 52°40′30″ [54] (52°38′01″,0), voor zijn huis te Leiden 52°10′30″ (52°09′21″,8) en voor Bergen op Zoom 51°29′ (51°29′43″,3). Tussen haakjes heb ik de breedten vermeld die ik voor deze plaatsen uit de coördinaten van de Rijksdriehoeksmeting heb berekend. Speciaal die van Alkmaar is slecht (2′29″,0 te groot). Die van Bergen op Zoom is aanmerkelijk beter (0′43″,3 te klein) en, het instrumentarium in aanmerking genomen dat SNELLIUS ter beschikking had, eigenlijk ideaal. Daar de beide verschillen elkaar echter tegenwerken, maakt SNELLIUS op een werkelijk breedteverschil van 1°08′17″,7 tussen Alkmaar en Bergen op Zoom een fout van 3′12″,3 dat is ca 4,7%. Als al zijn andere werk foutloos was geweest, dan zou hij voor de omtrek van de aarde dus een zelfde percentage te klein hebben gevonden.
Een andere ernstige fout die SNELLIUS maakt zal – toevallig – dit percentage weer wat verminderen. Het betreft hier de oriëntering van zijn driehoeksnet, de bepaling van het astronomisch azimut Alkmaar–Bergen op Zoom. Immers, uit dit azimut en de booglengte tussen de beide plaatsen zal men de lengte van de meridiaanboog kunnen berekenen. SNELLIUS heeft deze azimutsbepaling verricht op het dak van zijn huis [55]. Voor het azimut van de richting naar het Leidse stadhuis dat op een afstand van ruim 369 meter van zijn huis lag vindt hij – hoe zegt hij niet – 9°03′. Het azimut naar de Jacobstoren in den Haag die 15,50 km van zijn huis was gelegen is volgens SNELLIUS 233°18′.
Uit deze gegevens leidt hij het azimut af van zijn primaire driehoekzijde Leiden–den Haag. Hij vindt er voor 232°21′44″. Al deze waarden zijn verkeerd, en niet weinig. Voor het astronomisch azimut naar de Leidse

stadhuistoren vind ik uit een berekening 12°28'55". Het is 3°26' groter dan dat wat SNELLIUS vindt. Voor de waarde 233°18' van SNELLIUS bereken ik 235°28'42" (2°11' groter) en voor 232°21'44" 234°33'08" (2°11' groter).

Wegens de korte afstand van SNELLIUS' standplaats naar het stadhuis heeft een onzekerheid van de coördinaten van die standplaats grote invloed op het door mij berekende azimut 12°28'55", doch op een afstand van 15,5 km is die invloed nauwelijks merkbaar. Hoe de fout van ca 2°10' in de oriëntering is ontstaan, zal altijd wel een raadsel blijven. VAN DER PLAATS weet er geen verklaring voor te geven [56]. Zou ze, om toch een veronderstelling te wagen, veroorzaakt kunnen zijn doordat SNELLIUS, bij een oriëntering op de poolster, in de berekening van het azimut van die ster een tekenfout heeft gemaakt? Als hij op het moment van zijn waarneming een azimut van ca 1°05' westelijk van het noorden zou hebben berekend terwijl dit 1°05' oostelijk van het noorden had moeten zijn, dan zou het azimut naar den Haag 2°10' meer hebben bedragen.

De meridianen in Alkmaar, Leiden en Bergen op Zoom als onderling evenwijdig beschouwend, brengt hij nu dit foutieve azimut over op de zijde Alkmaar–Bergen op Zoom. Hij begaat hier dus opnieuw een kapitale fout. Immers, het verschil in meridiaanconvergentie tussen deze plaatsen, dat 21'16" bedraagt, brengt hij in het geheel niet in rekening. In werkelijkheid is het azimut van Bergen op Zoom naar Alkmaar 13°41'27",0 en dat van Alkmaar naar Bergen op Zoom 194°03'01",9. SNELLIUS vindt 11°26'02" [57] en – uiteraard – 191°26'02". Uit de door VAN MUSSCHENBROEK bewerkte gegevens van SNELLIUS, aangevuld met waarnemingen die VAN MUSSCHENBROEK zelf heeft verricht, resulteert een azimut 10°51'57" [58]. Het is nog slechter dan dat van SNELLIUS en vergroot de waardering voor het werk van VAN MUSSCHENBROEK niet.

Door de hierboven besproken fout in de oriëntering vindt SNELLIUS een te grote projectie van zijn afstand Alkmaar–Bergen op Zoom op de meridiaan. De fout in de aardomtrek tengevolge van het te grote breedteverschil tussen deze beide plaatsen wordt hierdoor iets minder ernstig.

Als resultaat vermeldt SNELLIUS in zijn „Eratosthenes Batavus "[59] dat een graad op de meridiaan tussen Leiden en Bergen op Zoom een lengte heeft van 28473 roeden en tussen Leiden en Alkmaar van 28510 roeden. In werkelijkheid bedraagt de afstand langs de meridiaan tussen Alkmaar en Bergen op Zoom 126636,0 m = 33626 roeden. Eén graad langs de

meridiaan bevat dus ca 29542 roeden, dat is ongeveer 3,5% meer dan SNELLIUS in 1617 vond. De correcties die hij in 1620 aan een groot aantal hoeken van zijn driehoeksnet aanbracht zijn dus in deze berekeningen niet verdisconteerd. Ook de uitbreiding van zijn net naar het zuiden met drie nieuwe driehoeken (Breda–Bergen op Zoom–Antwerpen, Bergen op Zoom–Antwerpen–Hoogstraten en Antwerpen–Hoogstraten–Mechelen) is er niet in verwerkt, noch het resultaat van zijn betere basesmetingen in 1622. SNELLIUS zelf is door een langdurige ziekte, waaraan hij in 1626 zou sterven, niet in de gelegenheid geweest het omvangrijke rekenwerk dat daarvoor nodig was te voltooien. Het is de verdienste van VAN MUSSCHENBROEK geweest dit honderd jaar later te hebben gedaan. Wat VAN MUSSCHENBROEK echter aan SNELLIUS' werk toevoegt, is onvoldoende; de techniek was in het begin van de 18de eeuw tot iets beters in staat.

Aan een enkel belangrijk onderdeel van het terecht beroemde landmeetkundige werk van SNELLIUS schenk ik tenslotte nog enige aandacht. Ik bedoel hier de oplossing van het probleem waarvoor hij werd gesteld toen hij het op het dak van zijn huis O gemeten astronomisch azimut naar den Haag moest overbrengen op de zijde Leiden (stadhuis)–den Haag van zijn primaire driehoeksnet (zie fig. 3).
Men kan deze overgang gemakkelijk berekenen, als men van de driehoek den Haag–O–S(tadhuis) behalve de reeds bekende zijde S–den Haag nog 2 elementen kent. De hoek den Haag–O–S (135°45′) had hij reeds gevonden bij zijn astronomische azimutsbepaling. De afstand OS heeft hij berekend uit de vierhoek O–P(ieterskerk)–S(tadhuis)–H(ooglandse kerk) nadat hij in O de hoeken POS = 32°57′ en POH = 64°40′ had gemeten [60]. De onderlinge ligging van P, S en H was bekend doordat SNELLIUS in zijn basiseindpunten *a* en *e* (zie figuur 1) de hoeken naar die torens had gemeten. Uit de 5 gegevens van de vierhoek konden dus alle onbekende elementen – ook OS – worden berekend. De oplossing die SNELLIUS zelf geeft aan dit beroemde naar hem genoemde vraagstuk is aangegeven in fig. 3. *m* is het middelpunt van de omgeschreven cirkel van driehoek PSO, *n* dat van driehoek PHO. Daar P*m* = PS: 2sin POS, P*n* = PH: 2 sin POH en hoek *m*P*n* = hoek POH—hoek POS—hoek SPH zijn van driehoek P*nm* drie elementen te berekenen. Immers, de hoeken POS en POH zijn gemeten en hoek SPH kan men bepalen uit de driehoek PSH waarvan de drie zijden be-

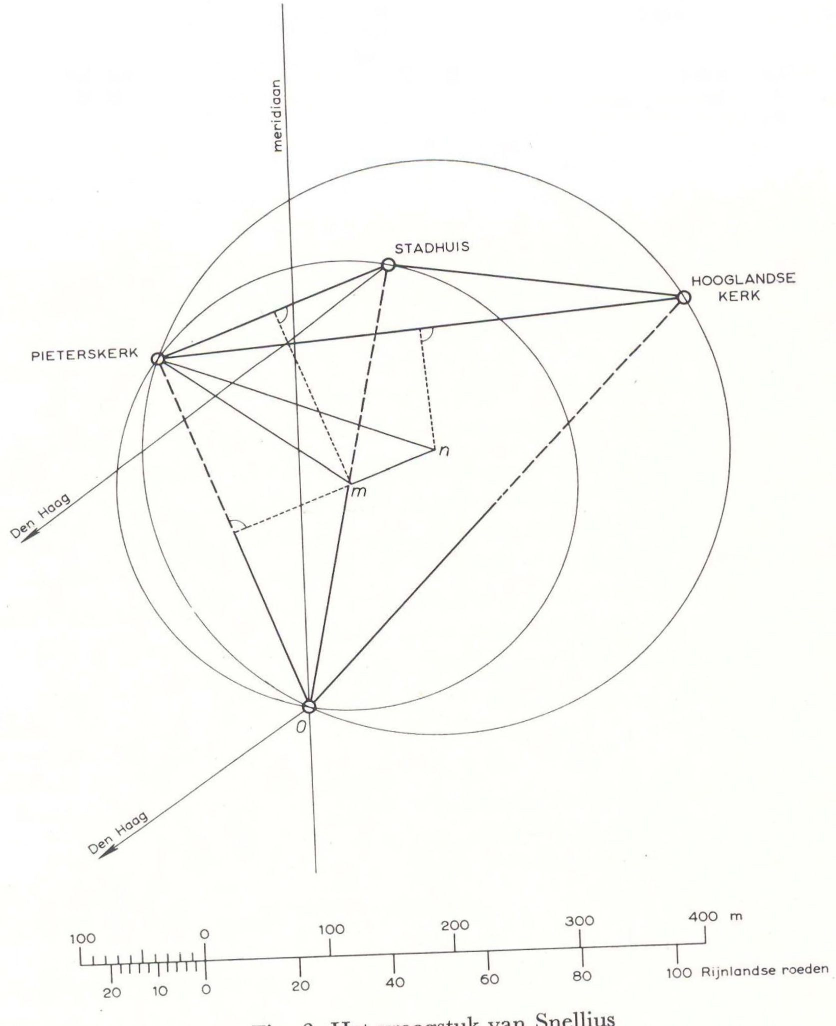


Fig. 3 Het vraagstuk van Snellius

kend zijn. Hieruit volgt de bekendheid van hoek *n*. Uit OP = 2 P*n* sin *n* berekent men vervolgens OP. De gevraagde afstand OS volgt tenslotte uit de sinusregel in driehoek OPS.

Het is niet zozeer de meetkundige oplossing van het vraagstuk die belangrijk is. VAN DER PLAATS merkt reeds terecht op [61] dat verscheidene wiskundigen uit SNELLIUS' tijd die oplossing ook gemakkelijk zouden hebben gevonden. Bovendien is dit zgn. vraagstuk van SNELLIUS eigenlijk het „vraagstuk van PTOLEMAEUS" en waarschijnlijk zelfs een probleem waarmee HIPPARCHUS (2de eeuw voor Christus) zich reeds heeft bezig gehouden [62]. Het is echter de grote verdienste van SNELLIUS geweest dat hij de belangrijkheid ervan heeft ingezien voor de landmeetkunde en het, als eerste, in de landmeetkunde heeft toegepast. Niet met een al te groot succes overigens, want VAN DER PLAATS heeft geconstateerd dat SNELLIUS zich in de berekening van deze eerste achterwaartse insnijding verscheidene keren heeft vergist [63].

Het mag een gelukkig toeval heten dat de torens van de Pieterskerk, het (oude) stadhuis en de Hooglandse kerk in het coördinatenstelsel der Rijksdriehoeksmeting bekend zijn. Uit de hoekwaarnemingen van SNELLIUS heb ik dus de coördinaten $X = -61426{,}3$, $Y = +367{,}4$ van zijn standplaats O kunnen berekenen. Volledigheidshalve geef ik hieronder de afstanden van O tot P, S en H in meters en in roeden met daarachter, tussen haakjes, de bedragen die SNELLIUS vond en de waarden die VAN DER PLAATS van SNELLIUS heeft nagerekend [64]:

OP = 307,4 m = 81,62 roeden (79,30 en 79,04),
OS = 367,4 m = 97,56 roeden (96,2 en 95,58),
OH = 452,1 m = 120,05 roeden (118,2 en 118,6).

Dat de berekening van VAN DER PLAATS zoveel van de mijne verschilt moet uiteraard worden geweten aan de onderlinge ligging van P, S en H. Deze is bij SNELLIUS niet te best; immers de tophoek van ca 30° in elk van de driehoeken met *ae* (fig. 1) als basis en P, S en H als top is niet gemeten.

Na berekening uit de gegevens van de Rijksdriehoeksmeting vindt men voor PS, SH en HP de waarden die hieronder staan vermeld.
Tussen haakjes staan de bedragen zoals SNELLIUS die geeft [65].

PS = 199,84 m = 53,06 roeden (52,0 roeden),
SH = 238,30 m = 63,28 roeden (62,6 roeden),
HP = 424,21 m = 112,64 roeden (110,9 roeden).

Alle afstanden zoals die uit de meting van SNELLIUS volgen zijn kleiner dan de werkelijke. In wat sterker mate dan op blz. 24 blijkt ook hier dat de oorspronkelijke basesmetingen in 1615 vermoedelijk met een te lange meetketting zijn gebeurd.
Ten onrechte is lange tijd LAURENT POTHENOT beschouwd als degene die het vraagstuk van de achterwaartse insnijding voor het eerst tot een oplossing heeft gebracht. Hij heeft het echter pas in een vergadering van de Académie des Sciences te Parijs behandeld op 31 december 1692 [66]. De prioriteit van SNELLIUS staat dus wel vast. Toch heeft, zoals gezegd, deze verkeerde mening lang geheerst en op blz. 38 van zijn artikel verzucht VAN DER PLAATS „Thans schijnt ze onsterfelijk geworden te zijn en wordt voortdurend gebruikt ook door hen die beter weten, b.v. JORDAN, Vermessungskunde 1877, I blz. 314". Deze klaagzang is niet geheel juist. Immers door CARL MAX VON BAUERNFEIND [67] wordt reeds in 1879 niet POTHENOT maar SNELLIUS de auteur genoemd. Ook JORDAN heeft zijn mening herzien, naar ik aanneem mede naar aanleiding van een uittreksel in het Zeitschrift für Vermessungswesen [68] van het reeds vele malen genoemde artikel van VAN DER PLAATS. In de uitgave van 1914 althans wordt SNELLIUS de eer gegeven die hem ook inderdaad toekomt [69].

In dit lustrumboek van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" heb ik natuurlijk het accent geheel willen en moeten leggen op de prestaties van SNELLIUS als geodeet. Ik geloof dat men deze prestaties niet beter kan samenvatten dan op de wijze zoals VAN DER PLAATS dat deed [70]:

> Snellius mist als schrijver de onovertroffen klaarheid van Huygens, als rekenaar en uitgever de nauwkeurigheid en zorgvuldigheid van Ludolph van Ceulen; als waarnemer staat hij achter bij Tycho Brahe en Picard; de waarde der verrekijkers en logaritmen heeft hij niet ingezien; in zijn historisch overzicht had hij moeten wijzen op Gemma Frisius.
>
> Maar hij was de eerste die de trigonometrische landmeetkunde in haar gehele omvang op grote schaal toepaste en dienstbaar maakte aan een graadmeting. Zijn methode is nog de enig juiste; alle theoretische moeilijkheden heeft hij overwonnen; de gebreken der uitvoering waren in zijn tijd haast onvermijdelijk. De uitkomsten van zijn triangulatie zijn zo goed als men maar kon verwachten

en bleven twee eeuwen lang onverbeterd. Grote fouten komen alleen in de poolshoogten en het azimut voor.

Voor de natuurkundige SNELLIUS – hij gaf sinds 1617 te Leiden ook colleges in de optica – is in dit artikel geen plaats, hoewel hij ook op dit gebied lauweren heeft geoogst. De naar hem genoemde brekingswet van het licht getuigt daarvan.

Vermoedelijk heeft hij haar, gelijktijdig met DESCARTES (1596–1650), omstreeks 1626, aan het eind van zijn leven dus, ontdekt [71].

SNELLIUS overleed, 46 jaar oud, na een langdurige ziekte op 30 oktober 1626 aan „koliek gepaard met paralysis" [72]. Enkele medici hebben mij gezegd niet te weten wat voor een ziekte dat geweest moet zijn. Zijn overlijden heeft de wetenschappelijke wereld van toen ernstig getroffen, zo ernstig dat het CASPAR VAN BAERLE [73] in een brief deed uitroepen:

Welke Hercules zal deze Atlas opvolgen [74].

Hij is begraven in de Pieterskerk te Leiden. Zijn weduwe heeft haar man niet lang overleefd. Zij stierf op 11 november 1627 en is bij hem begraven. Op hun grafzerk [75] staat:

Hier leggen begraven Mr. Willebrordus Snellius, in sijn leven professor matheseos sterf op den 30 Octobris 1626.

ende Maria de Lange, sijn huisvrouwe sterf op den 11 Novembris 1627.

Het gedenkteken te hunner nagedachtenis door de drie kinderen die hen overleefden daar opgericht draagt een Latijnse tekst [76]. De vertaling luidt [77]:

Aan God, de Allerhoogste en Allergrootste
en
aan het nageslacht gewijd.

Voor de allerberoemdste en geleerdste man de Heer Willebrord Snel van Royen, de oogappel van de wiskundigen onder de Nederlanders en aan de Academie die hier de beroemdste is, in alle opzichten de beroemdste, schranderste, waardigste en meest verdienstelijke professor in de wiskunde, alsmede voor de alleruitnemendste, reinste Vrouwe Maria de Lange zijn allerdierbaarste echtgenote, hebben de bedroefde kinderen dit gedenkteken als bewijs en als onbetwijfelbaar teken van hun eerbied jegens hun ouders opgericht.

Overleden 30 oktober 1626.

Overleden 11 november 1627.

Naschrift

Nog juist voor de definitieve opmaak van dit lustrumboek heb ik een fotokopie ontvangen van het handschrift van SNELLIUS waarvan op blz. 25 van dit opstel sprake was [78]. De lustrumboekcommissie heeft mij in de gelegenheid gesteld de resultaten van mijn onderzoek uit dit handschrift alsnog in een „naschrift" te publiceren, uiteraard voor zover dit onderzoek betrekking had op de ligging van Noordwijk in het basesnet. Het blijkt dat SNELLIUS de hoeken van de driehoek Den Haag-Noordwijk-Leiden niet heeft gemeten. De foutieve waarden die VAN MUSSCHENBROEK er voor heeft vastgesteld – gefantaseerd is eigenlijk een beter woord – komen dus geheel voor diens rekening.
In een kanttekening op blz. 182 van zijn „Eratosthenes Batavus" geeft SNELLIUS de lengte die hij voor de zijde Leiden-Noordwijk van zijn basesnet vindt: 2370,9 roeden, een bedrag dat overeen komt met de waarde 2371 roeden die ik reeds op blz. 25 van mijn opstel als juist heb vermeld. Hoewel hier natuurlijk wel van een gelukkig toeval moet worden gesproken demonstreert de kanttekening voor zover nodig nog eens de betrouwbaarheid van het werk van SNELLIUS en, blijkens de „berekeningen" 2338,22 en 2338,00 roeden, de weinig verantwoorde wijze waarop VAN MUSSCHENBROEK zijn waarnemingen heeft bewerkt.

LITERATUUR:

[1] Nieuw Nederlands biografisch woordenboek deel VII kolom 1153.

[2] Zie kaart no. IX en „naamlijst der inwoners in 1581" in „Leiden vóór 300 jaar en thans" door W. PLEYTE. Het boek bevindt zich in de kaartenverzameling van het Laboratorium voor Geodesie te Delft.

[3] Waarboek EE I folio 141 recto in gemeentearchief Leiden.

[4] Het perceel is afgebeeld op kaart XVIIa van het bovengenoemde kaartwerk van W. PLEYTE.

[5] Kohier van het schoorsteengeld folio 213 in gemeentearchief Leiden.

[6] Waarboek NN folio 219 verso in gemeentearchief Leiden.
[7] Een reproduktie van de tekst vindt men onder no: 320 in ,,De Gedenkteekenen in de Pieterskerk te Leyden" door Mr. K. J. F. C. KNEPPELHOUT VAN STERKENBURG (Leiden 1864).
[8] Nieuw Nederlands biografisch woordenboek deel VII kolom 1155.
[9] Idem kolom 1156.
[10] Idem kolom 1159.
[11] Idem deel III kolom 1364.
[12] Inlichtingen van het gemeentebestuur van Rotterdam.
[13] Nieuw Nederlands biografisch woordenboek deel VII kolom 1157 en 1158.
[14] Idem kolom 1157.
[15] Zie LLOYD A. BROWN: ,,The story of maps", Boston 1949, blz. 28 e.v.
[16] Prof. Dr. HANS FREUDENTHAL: ,,Snellius mat de wereld" in het weekblad ,,de Groene Amsterdammer" van 28 juni 1947.
[17] J. L. E. DREYER: ,,History of astronomy from Thales to Kepler" (New York 1953), blz. 175.
[18] ,,Eratosthenes Batavus" 263 blz. 20 × 15 cm, in 1617 door Van Marsse te Leiden gedrukt en bij Van Colster uitgegeven. Het werk is aanwezig in de Hoofdbibliotheek der T.H. in Delft onder no.: 674 G1 en, in 2 exemplaren, in de bibliotheek van de onderafdeling Geodesie.
[19] Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, jaargang 1889 blz. 3–42.
[20] VAN DER PLAATS blz. 7.
[21] Idem blz. 7 en 8.
[22] JORDAN: ,,Handbuch der Vermessungskunde" deel I, uitgave 1920, blz. 501.
[23] De bladzijden 176 en volgende. De vertaling is van Drs. J. A. VEERING.
[24] VAN DER PLAATS blz. 6.
[25] In de oudheid rekende en tekende men in zand.
[26] Deze zin is wat vrij vertaald.
[27] Op 6 en 7 augustus 1575.
[28] Vertaling Drs. J. A. VEERING.
[29] Eratosthenes Batavus, blz. 157–166.
[30] Idem blz. 160.
[31] Idem blz. 164.
[32] Idem blz. 165–167.
[33] JORDAN: ,,Handbuch der Vermessungskunde" deel III, uitgave 1916, blz. 134–135.
[34] VAN DER PLAATS blz. 14.
[35] VAN DER PLAATS blz. 40; een reproduktie van enkele bladzijden van dit handschrift no.: 15493 uit de Koninklijke Bibliotheek te Brussel vindt men in een der vitrines van de bibliotheek van het laboratorium voor Geodesie te Delft.
[36] Nieuw Nederlands biografisch woordenboek deel X, kolommen 659 en 660.
[37] Alle waarnemingen zijn vermeld bij VAN DER PLAATS, blz. 17 en 18.
[38] VAN DER PLAATS blz. 20.
[39] Eratosthenes Batavus blz. 174.
[40] Voor het stadhuis te Leiden uiteraard de coördinaten van de toren vóór de brand in 1931.
[41] Eratosthenes Batavus, probleem XVI, blz. 184.
[42] De ,,verbeterde" hoeken komen voor bij VAN DER PLAATS op blz. 17 en 18.
[43] Eratosthenes Batavus, problema VI, blz. 173.
[44] Idem, problema I, blz. 169.

[45] Idem, problema VII, blz. 174.
[46] Idem, problema II, blz. 172.
[47] Uit de problema's XXII en XXV op blz. 187, 188.
[48] Eratosthenes Batavus, problema XXXIII, blz. 193.
[49] Ik heb hierbij aangenomen dat, ondanks de verwoesting van de stad tijdens het beleg in 1747, de toren van Bergen op Zoom intact is gebleven. Zie C. J. F. SLOOTMANS: ,,Bergen op Zoom, de stad der Markiezen" (Heemschutserie) blz. 114: ,,Van het oude middeleeuwse kerkgebouw rest eigenlijk nog alleen de stoere stomp van het geweldige torenmassief".
[50] blz. 24.
[51] Eratosthenes Batavus blz. 177.
[52] Nieuw Nederlands biografisch woordenboek deel VII, kolom 1162.
[53] Voor een afbeelding zie b.v. Ensie encyclopaedie IX blz. 506 en, voor een schets, het artikel van Prof. A. KRUIDHOF in Ensie V blz. 3.
[54] Eratosthenes Batavus blz. 197.
[55] Idem blz. 206 en 207.
[56] VAN DER PLAATS blz. 24.
[57] Eratosthenes Batavus blz. 196.
[58] VAN DER PLAATS blz. 24.
[59] Op de bladzijden 197 en 198.
[60] Eratosthenes Batavus blz. 204–206.
[61] VAN DER PLAATS blz. 33.
[62] Idem blz. 32.
[63] Idem blz. 34.
[64] Eratosthenes Batavus blz. 205 en 206;
VAN DER PLAATS blz. 34.
[65] Eratosthenes Batavus, blz. 204.
[66] VAN DER PLAATS blz. 36.
[67] CARL MAX VON BAUERNFEIND: ,,Elemente der Vermessungskunde", Band II blz. 166 (Uitgave 1879).
[68] Zeitschrift für Vermessungswesen, jaargang 1892 blz. 298–302.
[69] JORDAN: ,,Handbuch der Vermessungskunde" deel II, uitgave 1914, blz. 386.
[70] Op blz. 3 in zijn artikel in het Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, jaargang 1889.
[71] Nieuw Nederlands biografisch woordenboek deel VII kolommen 1162 en 1163.
[72] Idem kolom 1161.
[73] CASPAR VAN BAERLE (BARLAEUS) (1584–1648), Nederlands geleerde en dichter, met VOSSIUS de eerste hoogleraar van het in 1631 opgerichte Athenaeum te Amsterdam.
[74] Oud Holland IV, jaargang 1886, blz. 182.
[75] No: 83 in ,,De Gedenkteekenen in de Pieterskerk te Leyden" door Mr. K. J. F. C. KNEPPELHOUT VAN STERKENBURG (Leiden 1864).
[76] Idem no: 84.
[77] Vertaling Drs. J. A. VEERING.
[78] Deze fotokopie is thans aanwezig in de bibliotheek van de onderafdeling Geodesie en in de Hoofdbibliotheek der Technische Hogeschool in Delft. Ze geeft een reproduktie van alle bladzijden van het tweede boek van ,,Eratosthenes Batavus" waarop door SNELLIUS eigenhandig aantekeningen zijn gesteld benevens van alle bladzijden die door hem aan zijn werk zijn toegevoegd.

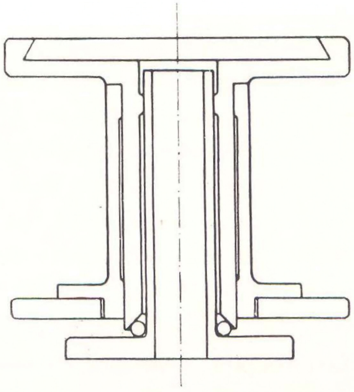
UEBER DIE ENTWICKLUNG DER VERMESSUNGSINSTRUMENTE

VON E. BERCHTOLD, HEERBRUGG

Kurz vor dem ersten Weltkrieg ist eine sehr interessante Neuerung an Nivellierinstrumenten bekannt geworden: die Koinzidenzlibelle von Heinrich Wild. Wir alle kennen heute diese Einrichtung, welche die Hälften der Blasenenden einer Libelle zusammenspiegelt. Die Blasenhälften berühren sich an einer feinen Trennungslinie, und die Libelle spielt dann ein, wenn sich die gekrümmten Umrisslinien der Blase zu einem stetigen Bogen schliessen. Die Vorteile gegenüber der offenen Libellenblase mit einer Hilfsteilung zum Abschätzen der Symmetriestellung der beiden Blasenenden sind von grosser Bedeutung. Die Koinzidenzlibelle vermeidet mit Sicherheit jeden Irrtum des Einstellens; die Blasenenden müssen zusammenfallen. Ueberdies werden sie genau gleichzeitig beobachtet, was nicht möglich ist, wenn sie wie bei der offenen Libelle auseinanderliegen. Die Praxis hat gezeigt, dass bei gleicher Empfindlichkeit die Einspielgenauigkeit der Koinzidenzlibelle sechsmal grösser ist als die der offenen Libelle. Temperaturänderungen verschieben die Enden der Koinzidenzlibelle im gleichen Sinn und um denselben Betrag und haben deshalb keinen Einfluss auf die Koinzidenzeinstellung.

Das Zusammenspiegeln auseinanderliegender Stellen hat andernorts eine noch grössere Bedeutung erlangt, nämlich bei der Kreisablesung von Theodoliten. Diesen Gedanken zu verwirklichen war eine der grössten Erfindungen von Heinrich Wild, denn er erreichte damit, die Kreisablesung von Sekundentheodoliten gleichzeitig zu vereinfachen, zu beschleunigen und die Genauigkeit zu steigern. Dazu traf er noch eine ganze Reihe konstruktiver Massnahmen, die schliesslich zum Wild-Theodolit führten. Besondere Kennzeichen dieser modernen Instrumente, die heute allgemein optische Theodolite genannt werden, sind zylindrische Stehachsen aus gehärtetem Stahl, Fernrohre mit Innenfokussierung, Kreise aus Glas, ein-

gebaute Mikroskope für die Kreisablesungen, optische Mikrometer mit gleichzeitiger Ablesung diametraler Teilstriche, kompakte Form hoher Festigkeit und trotzdem leichten Gewichtes. Das sind heute Selbstverständlichkeiten, doch scheint es nicht abwegig, hier auf diese so bedeutsame Entwicklung nochmals hinzuweisen.
Der Bau der neuartigen Geräte stellte besonders hohe Ansprüche an die Fertigung der optischen und der mechanischen Teile. Die Maschinen zum Teilen der Glaskreise verlangten ein Maximum an Kenntnis und Sorgfalt, galt es doch für einen Sekundentheodolit die Striche mit der Genauigkeit eines Zehntausendstel-Millimeters zu ziehen. Das kleinste Mikrometer-Intervall des ersten Wild-Theodoliten war eine Sekunde alter Teilung oder 2 Sekunden neuer Teilung.
Die Koinzidenzeinstellung bot damals dem Benützer keine Schwierigkeit, denn ausser dem Vermessungsfachmann hatte kaum jemand mit einem Sekundentheodolit etwas zu tun. Aber sehr bald interessierten sich auch andere Leute für die modernen Instrumente, die so viel an Zeit und Arbeit und an Gewicht einsparten. Doch waren sie für die laufenden Messungen bei der Detailaufnahme nur zu genau und für manchen nicht einfach genug. Je weiter die neuen Theodolite verbreitet wurden, umso häufiger gelangten sie in die Hände von Leuten, die keine Ahnung hatten, was in einem solchen Instrument vorging. Diese Erscheinung dauert heute noch an und die technischen Kenntnisse auf diesem Gebiet sind oft bedenklich bescheiden. Umso besser weiss man heute ein Motorfahrzeug zu bedienen, oder einen Fernsehempfänger auf optimale Leistung einzustellen.
Deshalb wird der Ruf nach möglichst einfach zu bedienenden Theodoliten immer lauter, und die Frage des Konstrukteurs heisst: Wie kann ich wohl die Bedienung und namentlich die Kreisablesung noch einfacher gestalten? Bei der gleichzeitigen Ablesung diametraler Kreisstellen, die sich für den Sekundentheodolit so ausserordentlich wertvoll erwiesen hatte, war das kaum möglich, wohl aber bei Beobachtung nur *einer* Kreisstelle. Schon beim alten Nonientheodoliten hatte man gelernt, dass zur Eliminierung des Einflusses der Kreisexzentrizität an zwei diametralen Teilstrichen abgelesen werden musste. Nun aber stellte sich die Frage, bis zu welcher Genauigkeitsgrenze man auf diametrale Ablesung verzichten könne. Hier muss man zwei Fehlerquellen berücksichtigen: die Exzentrizität des Zentrums der Kreisteilung gegenüber der Achsbüchse und das Spiel der Stehachse in der Achsbüchse beim Drehen.



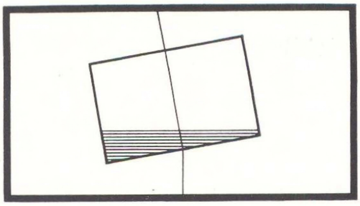
Zylindrische Achsen kann man heute ohne aussergewöhnlichen Aufwand auf 1 μ genau schleifen und man kann damit rechnen, dass dadurch das Achsspiel innerhalb der Achsbüchse 1 μ nicht überschreitet. Bei Theodoliten der Alhidadenachse auf der Höhe des Teilkreises auf Kugeln ruht, die in einer konischen Erweiterung der Achsbüchse laufen, sind die Verhältnisse noch günstiger, weil damit jedes Spiel vermieden wird. Rechnet man mit einer veränderlichen Exzentrizität von $\pm{}^1/_2\ \mu$, so entspricht dies an einem Kreis mit 80 mm Teilungsdurchmesser einem Betrag von $\pm \frac{636620^{cc}}{80\,000} = \pm 8^{cc}$.

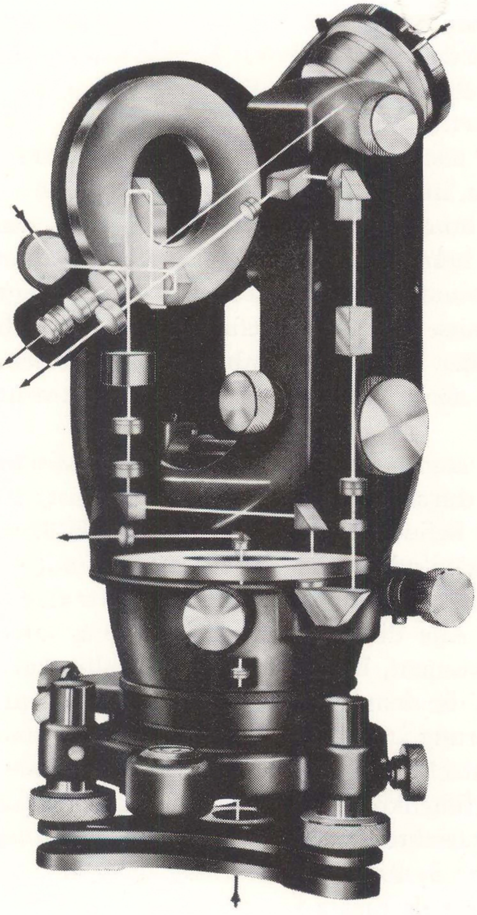
Dadurch kann beim Messen eines gestreckten Winkels im ungünstigsten Fall ein Fehler von 16^{cc} entstehen. Es würde also nichts nützen, den Kreis auf einzelne Sekunden ablesen zu wollen, man muss sich mit einem *Mikrometerintervall von 1ᶜ und Schätzung auf 10ᶜᶜ* begnügen. Damit ist die Genauigkeitsgrenze für Ablesungen an nur einer Kreisstelle festgelegt.

Die Exzentrizität des Kreises gegenüber der Achsbüchse wird eher etwas grösser sein. Rechnet man mit $\pm 1\ \mu$, so wird im ungünstigsten Fall der gestreckte Winkel um 32^{cc} verfälscht sein. Aber selbst ein grösserer Fehler wäre unschädlich, weil er beim Messen in der zweiten Fernrohrlage das umgekehrte Vorzeichen erhält und bei der Mittelbildung herausfällt. Daraus hat sich die gute Regel ergeben, dass man in beiden Fernrohrlagen beobachten soll, wenn man genauer als auf eine Centesimalminute messen will. Jeder Geometer wird das ohnehin tun, um die Einflüsse des Kollimationsfehlers und der Kippachsenschiefe zu eliminieren, und die Sache wäre soweit in Ordnung.

Aber nicht jeder der einen Theodolit in die Hände bekommt ist Geometer, und grosszügige Beobachter scheren sich keinen Deut um solche Spitzfindigkeiten, messen nur in einer Fernrohrlage und verlangen die gleiche Genauigkeit. Sie sträuben sich gegen die Anschaffung eines Theodoliten mit diametraler Ablesung, weil er zu teuer und zu kompliziert sei und zu groben Fehlern Anlass gebe.

Wäre es ein Einzelfall, so würde man darüber hinweggehen. Aber es ist kein Einzelfall, es ist die heutige „Entwicklung".
Nun, eine vollständig fehlerfreie Kreiszentrierung ist nicht denkbar, ebensowenig wie eine absolut fehlerfreie Messung. Man versucht deshalb mit allen Mitteln, den Zentrierfehler des Kreises herabzusetzen. Man verbessert die Schleifmaschinen, man verfeinert die Lagerung des Kreises, man wählt andere Materialien möglichst gleicher Dehnung und gleicher Leitfähigkeit für die Wärme und kommt schliesslich recht nahe an die Wünsche des Kunden heran. Dieser ist darob recht erfreut und stellt nur noch die kleine Forderung, dass sein Theodolit bei $-40°$ und $+40°$ (C) genau gleich gut funktionieren müsse. Man schüttelt den Kopf und bringt es trotzdem fertig. Und der anspruchsvolle Kunde kann nicht ganz zu unrecht behaupten, er hätte einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Instrumente geleistet.
Der moderne Mensch sucht aber nach weiteren Vereinfachungen, oder wenn er sie auch nicht selber sucht, ist er dafür sehr empfänglich. Das ersieht man am Interesse für das automatische Nivellierinstrument, das am Ende des zweiten Weltkrieges bekannt wurde und heute in mancherlei Form und Güte auf den Markt kommt. Es vereinfacht und beschleunigt die Messoperationen und hat grossen Anklang gefunden, wenn auch fatale Störungen gelegentlicht ganze Messreihen unbrauchbar machen. Hier sind noch Verbesserungen nötig, die Störungen im Instrument sofort anzeigen.
Mit dem automatischen Nivellier kam auch der Gedanke, die klassische Höhenkreislibelle der Theodolite durch eine selbsttätige Einrichtung zu ersetzen. Das geschieht durch die Befestigung eines Prismas des Höhenkreismikroskopes an einem stehenden oder hängenden Pendel, damit es, der Schwerkraft folgend, sich so einstellt, dass der Höhenkreis stets an der richtigen Stelle abgelesen wird. Alle diese Pendelanordnungen, auch beim automatischen Nivellierinstrument, bedürfen einer sorgfältig konstruierten Dämpfungseinrichtung, die dem Konstrukteur manches Kopfzerbrechen verursacht. Die Neuerung ist wirklich praktisch, denn man muss sich keine Sorge darüber machen, ob man nicht doch vergessen habe, vor der Kreisablesung die Höhenkreislibelle einzustellen. Aber die Dämpfung muss so sein, dass nicht leichte Erschütterungen eine Ablesung unmöglich machen oder das ganze System in Unordnung bringen.
Eine überraschend einfache Lösung als Ersatz für die Höhenkreislibelle





wurde kürzlich in einem bekannten Repetitionstheodolit verwirklicht. In den Strahlengang des Höhenkreismikroskopes ist ein Flüssigkeits behälter mit planparallel geschliffenem Glasboden eingeschaltet. Bei senkrechter Stellung der Stehachse schneidet die optische Achse des Mikroskopes den Flüssigkeitsspiegel und den waagrechten Glasboden unter einem rechten Winkel und tritt daher ungebrochen durch.

Bei geneigter Stehachse ist der Flüssigkeitsspiegel natürlich immer noch waagrecht, der Glasboden jedoch schief, so dass die Flüssigkeit einen Keil bildet und das vom Höhenkreis einfallende Strahlenbündel gebrochen wird. Der Brechwert der Flüssigkeit und die Abstände sind so bemessen, dass die Höhenkreisablesung vom Einfluss der Stehachsenschiefe befreit ist. Eine Querneigung der Stehachse verlängert oder verkürzt die Teilstriche im Höhenkreisbild, wodurch eine fehlerhafte Aufstellung sofort ersichtlich wird.

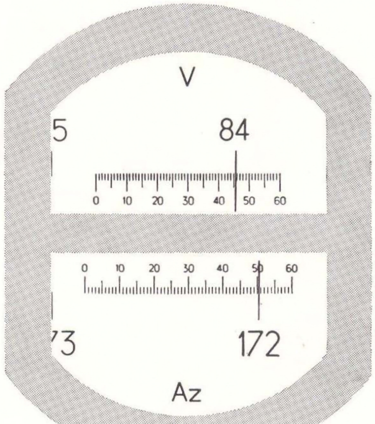
Zum Dämpfen der Schwin-

gungen dient die Flüssigkeit selber dank ihrer Viscosität. Schädliche Reibung, Abnützung oder Störungen irgendwelcher Art sind nicht zu befürchten. Bei Beschädigungen des Instrumentes durch Unfall kann der Flüssigkeitsbehälter ohne Schwierigkeit ausgewechselt werden.

Man sieht auf der ganzen Linie, wie die starke Verbreitung der Vermessungsinstrumente zu immer weiterer Vereinfachung der Bedienung führt und führen muss, weil je länger je mehr Leute damit arbeiten, denen die einst unerlässlichen Kenntnisse abgehen.

Die Libelle ist ein schönes Beispiel dieser Entwicklung. Die offene Libelle mit der Strichteilung war zwar nicht schwer zu verstehen, aber die genaue Symmetrieeinstellung der Blasenenden war nicht ganz leicht und gab gelegentlich zu Irrtümern Anlass. Die WILD'sche Koinzidenzlibelle war ein grosser Fortschritt durch Vereinfachung der Beobachtung, Steigerung der Genauigkeit und vollständige Vermeidung grober Fehler. Und heute ersetzt man in vielen Fällen die Libelle durch ein automatisches System, damit der Beobachter mit der Libelle überhaupt nichts zu tun hat.

Aehnlich liegt die Entwicklung der Kreisablesung vom Nonius zum richtig konstruierten Skalenmikroskop. Beim Nonius das mühsame Aufsuchen der Koinzidenzstelle mit der verschiebbaren Lupe bei unbequemer Kopfhaltung und schlechter Beleuchtung. Im modernen Skalenmikroskop eines Theodoliten sind die hellen Kreisbilder sinngemäss angeordnet: oben Vertikalkreis, unten Horizontalkreis, jeder Kreisstrich beziffert, Skalen für die Feinablesung von links nach rechts wachsend, im Sinne unserer Schreibweise. Damit werden grobe Fehler vermieden, die bei sinnwidriger Anordnung stets zu befürchten sind.



LENGTE- EN BASISMETING

DOOR PROF. IR. G. J. BRUINS

HOOGLERAAR AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE DELFT

The most fundamental physical science is that of the relations between lengths. We shall call it mensuration." Aldus JEFFREYS aan het begin van een hoofdstuk over „mensuration" [1]. Hij wijst er vervolgens op dat men „mensuration" vooral niet moet verwarren met „geometry". De „geometry", de meetkunde, is een zaak van de mathematici. Bij de „mensuration", de meting, hebben wij te maken met het experiment, de waarneming, en daarnaar gaat, aldus JEFFREYS, in de eerste plaats zijn belangstelling uit.

„Wat heeft u gemeten?" Zo luidt ook al spoedig de vraag indien geodeten elkaar leren kennen. Zelfs de vaktheoretici informeren er vrijwel dadelijk naar als jongere collega's met hen van gedachten willen wisselen. Het experiment, het meten, staat ook bij hen steeds in het middelpunt van de belangstelling. Het lijkt me daarom ook een goede gedachte dat de lustrumboekcommissie bij het samenstellen van de inhoud van dit gedenkboek, zoveel aandacht aan het meten heeft willen schenken. Want juist het experiment, het waarnemen, het meten, geeft dikwijls een zo geheel andere en nieuwe kijk op de theorie. In de theorie gaat men uit van onderstellingen en komt men door logische redenering tot bepaalde resultaten. Maar deze resultaten zijn, van het standpunt van het experiment bekeken, soms geheel onbruikbaar.

Om een eenvoudig voorbeeld te noemen: in de meetkunde is een driehoek bepaald als de basis en de twee aanliggende hoeken bekend zijn. Maar een landmeter zal deze stelling nooit toepassen als hij de oppervlakte moet berekenen van een stuk land, dat de vorm heeft van een driehoek, waarbij elk der basishoeken slechts weinig kleiner is dan een rechte hoek.

De meest voorkomende metingen van de geodeet zijn nog steeds de richtings- en afstandsmetingen in horizontale en verticale zin. Wel verzamelt hij gedurende de laatste decennia in steeds toenemende mate ook op

andere wijze zijn gegevens, b.v. door middel van luchtfoto's of op elektronische wijze en ook krijgt het meten van de versnelling van de zwaartekracht en het daaruit te berekenen potentiaalveld van de aarde voor hem een steeds grotere betekenis, maar bij het maken van een raam van vaste punten – van groot naar klein, van primair driehoeksnet naar detailpunt – zijn de theodoliet en de meetband toch bij uitstek zijn instrumenten. Om zijn meetmethoden zo rationeel mogelijk te maken, grijpt hij afwisselend naar één van beide instrumenten, of combineert in bijzondere gevallen lengte- en afstandsmeting in één instrument.
Maar hij zal met de keuze: „theodoliet of (en) meetband" nog niet klaar zijn. Want uit de vele typen van beide instrumenten moet hij weer een keuze doen, zodanig dat de nauwkeurigheid van zijn instrument beantwoordt aan de eisen die de opgave stelt.

Bezien wij nu de lengtemeting, dan kunnen wij deze globaal rubriceren naar de relatieve nauwkeurigheid volgens onderstaand schema:

a.	1 op 10^3	d.w.z.	1 m	per	km
b.	1 op 10^4	,,	1 dm	per	,,
c.	1 op 10^5	,,	1 cm	per	,,
d.	1 op 10^6	,,	1 mm	per	,,
e.	1 op 10^7	,,	0,1 mm	per	,,

Lengtemetingen met relatieve nauwkeurigheden van 1 op 10^3 en 1 op 10^4 komen veelvuldig in de geodesie voor. Die van 1 op 10^6 worden bij uitzondering gebruikt evenals die van 1 op 10^7 en deze laatste pas gedurende enkele jaren. In de rubriek c met een relatieve nauwkeurigheid van 1 op 10^5 kan men niet direct een toepassing aanwijzen, maar later zal blijken dat die relatieve nauwkeurigheid toepassing kan vinden bij de verdichting van een secundair driehoeksnet in beboste gebieden.
Zodra men lengte- en richtingsmetingen combineert, zal de relatieve nauwkeurigheid van beide zo veel mogelijk met elkaar in overeenstemming moeten zijn. Maakt men eenzelfde indeling voor de relatieve nauwkeurigheid van de richtingsmeting, dan krijgt men:

a.	1 op 10^3	d.w.z.	1.10^{-3}	radiaal	of 637	dmgr
b.	1 op 10^4	,,	1.10^{-4}	,,	of 64	,,
c.	1 op 10^5	,,	1.10^{-5}	,,	of 6,4	,,
d.	1 op 10^6	,,	1.10^{-6}	,,	of 0,64	,,
e.	1 op 10^7	,,	1.10^{-7}	,,	of 0,064	,,

Terwijl men in de geodesie gedurende de laatste jaren min of meer vertrouwd is geraakt met een lengtemeting van 1 op 10^7 (de lichtinterferentie-methode van VÄISÄLÄ) is het niet mogelijk om richtingen met deze nauwkeurigheid, van 0,06 dmgr, te meten; hoogstens gelukt dit de astronoom op fotografische wijze met behulp van een zenith-telescoop. Maar ook al zou het hoekmeetinstrument, de theodoliet, deze nauwkeurigheid veroorloven, dan nog zou de onrust van de atmosfeer in de nabijheid van de bodem ze weer illusoir maken. Zelfs de nauwkeurigheid van 1 op 10^6 is bij primaire richtingsmetingen nauwelijks te verwezenlijken.

Hoewel wij in dit artikel in hoofdzaak willen spreken over lengtemetingen met een nauwkeurigheid van 1 op 10^6 en 1 op 10^7 zullen wij toch aan de hand van bovenstaande schema's van relatieve nauwkeurigheden in het kort verschillende geodetische werkzaamheden rubriceren.

De rubriek a van 1 op 10^3

Dit is het terrein van de tachymetrie, die o.a. toepassing vindt bij topografische opnemingen. Men gebruikt een theodoliet waarin meestal ook een inrichting voor lengtemeting is ingebouwd, zo dat men van één standplaats uit zowel de richting als de afstand naar het te bepalen punt kan meten. Dit wordt meestal verwezenlijkt door het inbouwen van het zgn. Hammer-Fennel diagram, waarmede men niet alleen de gereduceerde horizontale afstand maar ook het hoogteverschil tussen het te bepalen punt en de standplaats kan aflezen. Men meet volgens de zgn. poolcoördinatenmethode.

De rubriek b van 1 op 10^4

Dit is de rubriek van de kadastrale metingen, dus met een globale nauwkeurigheid van ongeveer 1 cm per 100 m. Uiteraard kan men hier nog verschillende gebieden onderscheiden naar de waarde van de grond, maar hierop zullen wij niet nader ingaan. De methode van lengtemeting die hier wordt toegepast, is ook weer tweeërlei, nl.:

1. De orthogonale methode. Deze werkt met een stelsel van meetlijnen en daarbij behorende loodlijnen. Hierbij is de meetband het instrument voor lengtemeting. Deze methode wordt in Nederland in hoofdzaak bij kadastrale metingen toegepast.
2. De poolcoördinatenmethode, die in andere landen, in het bijzonder

in Zwitserland, ingang heeft gevonden. Hier zijn weer de richtings- en afstandsmeting in één instrument gecombineerd, nu echter niet met behulp van een diagram in het veld van de kruisdraden, maar met behulp van een stelsel prisma's, waarmede men in het instrument een parallactische hoek realiseert, zodanig dat men in de kijker twee beelden van de baak ziet, het gewone en het door het prisma verschoven beeld: de zgn. dubbelbeeldafstandsmeting. In Nederland wordt deze dubbelbeeldafstandsmeting nog betrekkelijk weinig toegepast. Toch zou in veel gevallen in het bijzonder door het steeds toenemende verkeer de orthogonale methode door deze poolcoördinatenmethode kunnen worden vervangen. In het bijzonder is de afstandsmeting volgens deze methode boven de lengtemeting met behulp van de meetband te verkiezen omdat zij veel minder beïnvloed wordt door systematische fouten als temperatuur, spanning, e.d.

De rubriek c van 1 op 10^5

De stap van 1 op 10^4 naar 1 op 10^5 vereist bij de richtingsmeting slechts een nauwkeuriger (en dus duurdere) theodoliet. De uitvoering van de richtingsmeting is verder in wezen hetzelfde. Echter bij de lengtemeting is dit geheel anders. Zodra men met een relatieve nauwkeurigheid van 1 op 10^5, dus van 1 mm per 100 m, wil meten, moeten temperatuur en spanning van de band, in het bijzonder van stalen meetbanden, nauwkeurig bekend zijn. Men kan niet meer over de grond meten, maar moet de band met behulp van spanwielen en gewichten vrij van de bodem ophangen en aan begin- en eindpunt op piketten of driepoten aflezen. Men gaat dan echter ook meestal over op een ander metaal, nl. invar, waarvan de temperatuurscoëfficiënt veel geringer is, maar slechts enkele geodetische diensten in Nederland beschikken over banden of draden van invar en deze meer tijd eisende meting wordt in Nederland vrijwel niet toegepast. Toch zal men de lengtemeting in deze rubriek van 1 op 10^5 zeer goed kunnen gebruiken voor de verdichting van het secundaire driehoeksnet in bepaalde gebieden van Nederland. Immers in beboste terreinen, waar men met behulp van houten pijlers slechts met grote moeite en kosten Snelliuspunten kan bepalen, is het dikwijls mogelijk met behulp van lange polygonen, waarvan de zijden op deze manier worden gemeten, zeer goede resultaten te bereiken. Het zou m.i. aanbeveling verdienen, deze methode meer toe te passen. Wel moet men bij polygo-

nering rekening houden met de opeenstapeling van fouten in de richtingsmetingen, zodat deze met een relatieve nauwkeurigheid die één orde hoger ligt, moeten geschieden.

De rubriek d van 1 op 10^6

Deze relatieve nauwkeurigheid van lengtemeting vindt toepassing bij het zgn. primaire werk. Zodra men een hoofddriehoeksnet meet en daarna de lengte van een driehoekszijde moet worden bepaald, geschiedt dit door het meten van een basis van enkele kilometers lengte. Deze lengte brengt men vervolgens met een stelsel hulpdriehoeken, waarvan de hoeken zorgvuldig worden gemeten (het zgn. basisnet), over naar de zijde van het hoofddriehoeksnet.

Men meet een dergelijke basis met invardraden die men vóór en na de meting nauwkeurig ijkt. Op deze ijkmetingen komen we nog terug in de volgende rubriek. Invar is een legering van nikkel (36%) en staal (64%) met een zeer geringe uitzettingscoëfficiënt. Daardoor is men in staat de temperatuurscorrectie voldoende nauwkeurig te bepalen. De meting geschiedt over vaste (meestal bronzen) merken, die zijn bevestigd in houten palen, op onderlinge afstanden van 24 m in de bodem ingeheid. Men leest af op schaaltjes aan het begin en het einde van de band. Deze schaaltjes zijn 8 cm lang en in mm verdeeld. De tiende mm worden met het blote oog geschat. Op 5 verschillende plaatsen van de schaaltjes wordt afgelezen en aldus een gemiddelde waarde voor de afstand van merk tot merk verkregen.

Verder neemt men maatregelen om systematische fouten zoveel mogelijk te voorkomen. De gewichten van 10 kg waarmede men de draad onder spanning houdt, worden nauwkeurig geijkt; vóór en ná de meting bepaalt men de wrijving van de assen van de spanwielen; de waarnemers vóór en achter aan de draad wisselen halverwege de te meten lengte om persoonlijke afleesfouten te elimineren. Bij regen meet men niet omdat het gewicht van de draad door de aanklevende regendroppels verandert, evenmin bij een windkracht groter dan 3 à 4 m per sec, die de draad doet trillen, enz. Neemt men echter al de voorzorgen in acht, dan is het merkwaardig met welk een nauwkeurigheid men met behulp van deze draden kan meten. Verschillen in heen- en terugmeting van meer dan een halve mm over een afstand van b.v. 576 m, de lengte van de ijkbasis in de Loenermark, zijn uitzondering.

Hoewel deze metingen van 1 op 10^6 slechts zelden voorkomen (in Nederland is tot voor kort de basismeting bij Stroe in 1913 het laatste voorbeeld) is gedurende de maand september jl. in het kader van een Duits-Nederlandse samenwerking op geodetisch gebied opnieuw een dergelijke basis van 7,2 km lengte bij Meppen in Duitsland, ongeveer 20 km van onze oostgrens verwijderd, ter hoogte van Coevorden, gemeten.
Van Nederlandse zijde werd hieraan deelgenomen door de Rijksdriehoeksmeting met de 3 invardraden nos. 89, 90 en 91, eigendom van de Rijkscommissie voor Geodesie. Twee draden waren steeds daadwerkelijk in gebruik, de derde hield men in reserve voor eventuele ongelukken. Van Duitse zijde gebruikte men 12 draden. Genoemde 3 draden werden reeds in het jaar 1904 bij de firma Carpentier in Frankrijk vervaardigd en enige tijd later door de toenmalige Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing aangeschaft. De commissie stelde zich toentertijd voor met behulp van deze invardraden een basis in het Nederlandse driehoeksnet te meten. Echter toen in 1913 de basis (bij Stroe) werd gemeten, gebruikte men een invarstaaf van 4 m lengte, geleend van de Franse „Service géographique de l'Armée", terwijl men tegelijkertijd slechts enkele proefmetingen deed met de 9 jaar te voren aangeschafte invardraden. Dat men op de oorspronkelijke gedachte is teruggekomen, is waarschijnlijk een gevolg geweest van het bezoek dat enkele leden van de commissie op uitnodiging van de „Service géographique de l'Armée" in 1911 aan een basismeting in de nabijheid van Lyon brachten. Daar mat men ook met de staaf van 4 m.

Vergelijkt men de metingen met staaf en draad dan valt in het bijzonder op hoeveel tijdrovender de eerste zijn. Toevalligerwijze kan men de tijdsduur gemakkelijk vergelijken, daar 7 van de 8 secties van de basis bij Stroe éénzelfde lengte hadden als die van de ijkbasis in de Loenermark, namelijk 576 m. Met de staaf mat men deze afstand in gemiddeld $4^1/_2$ uren [2], met de invardraad heeft men ongeveer 35 minuten nodig.
Ook de verschillen in heen- en terugmeting zijn bij de invardraadmetingen veel kleiner dan bij die met de staaf. Bij de laatste vond men in de opeenvolgende secties verschillen in heen- en terugmeting van +0,76, −4,58, −1,93, −2,73, −1,70, −2,38 en −1,54 mm terwijl bij ijking van invardraden op de ijkbasis in de Loenermark, zoals gezegd, deze verschillen slechts enkele tiende millimeters bedragen. De oorzaak van de

Basismeting bij Stroe 1913

Aflezer en spanbokhouder in actie; op de achtergrond interferentiemetingen op de beginpijlers van de interferentiebasis

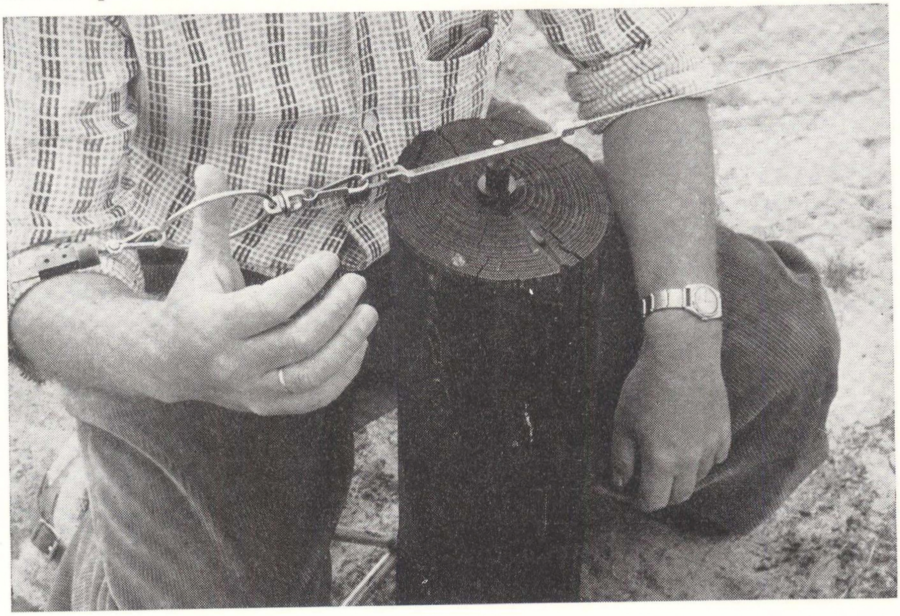
grotere verschillen tijdens de basismetingen bij Stroe kan echter daarin gelegen zijn, dat de waarnemers vóór en achter slechts éénmaal van plaats verwisselden nl. *tussen* een héén- en terugmeting, terwijl dit bij de invardraadmetingen zowel tijdens de héén- als tijdens de terugmeting geschiedt.

De rubriek e van 1 op 10^7

Wil men invardraden ijken dan zal dit moeten geschieden met behulp van een ijkmaat, waarvan de relatieve nauwkeurigheid weer een orde groter is nl. van 1 op 10^7.

Tot voor enkele jaren geschiedde deze ijking in de internationaal bekende laboratoria, o.a. het Bureau International des Poids et Mesures te Sèvres bij Parijs, de Technisch-physikalische Bundesanstalt te Brunswijk. Men gaat daarbij steeds uit van de daar ter plaatse aanwezige standaardmeter, leidt de lengte van 24 m daaruit af en ijkt vervolgens de invardraden tot op ongeveer 10 μ nauwkeurig. Het bezwaar tegen deze methode van ijken

Aflezen op de schaal van de invardraad



is echter meestal dat de instrumenten waarmede en de omstandigheden waaronder men ijkt verschillend zijn van die tijdens de basismeting in het terrein. Ook biedt het laboratorium meestal slechts ruimte om te ijken over een afstand van één draadlengte nl. 24 m en juist voor het opsporen van systematische fouten wier invloed evenredig is met de afstand die men meet, doet men beter over grotere afstanden te ijken.
Toen het dan ook aan de Finse fysicus VÄISÄLÄ gelukte om met behulp van lichtinterferentie – uitgaande van een kwartsstaaf van 1 m, waarvan de lengte tot op 1 op 10^7 bekend was – afstanden te bepalen van honderden meters lengte, vrijwel zonder verlies aan relatieve nauwkeurigheid, is men in Finland deze methode gaan toepassen voor het aanleggen van ijkbases in het terrein. Omstreeks 1950 gelukte het Dr. HONKASALO om te Nummela een ijkbasis van 864 m lengte volgens deze methode te meten.
In 1953 werd door de Finse geodeten een soortgelijke basis van 480 m lengte gemeten bij Buenos Aires, de derde maten ze in 1957 in de Loenermark bij Apeldoorn (576 m) en de vierde in 1958 in de nabijheid van München (864 m). Steeds ging men daarbij uit van dezelfde kwartsstaven, zodat de lengten van al deze ijkbases uitgedrukt zijn in dezelfde eenheid van lengte. Hiermede heeft men al ten dele gevolg gegeven aan een aanbeveling van de „Association Internationale de Géodésie" om in de primaire driehoeksnetten van de verschillende landen zoveel mogelijk bases te meten die berusten op dezelfde eenheid van lengte. De ijkbases geven daartoe de mogelijkheid.
Maar ook vervallen de andere hierboven beschreven bezwaren. Op de ijkbasis kan men met dezelfde instrumenten en onder vrijwel dezelfde omstandigheden meten als op de basis van het driehoeksnet. En door het ijken over afstanden van 24 of 36 draadlengten op de ijkbases krijgt men waarschijnlijk een beter inzicht in de systematische fouten dan door te ijken over de afstand van één bandlengte in het laboratorium.
Om over deze verschillende methoden van ijking nog nadere gegevens te verkrijgen, zijn alle draden, die men bij de basismeting in Meppen gebruikte, vóór de meting te Meppen in chronologische volgorde geijkt in het Bureau International des Poids et Mesures te Sèvres en op de ijkbases bij München en in de Loenermark, terwijl ná de meting te Meppen de ijking in omgekeerde volgorde geschiedde, dus eerst in de Loenermark, vervolgens te München en daarna te Sèvres. (Deze laatste ijking moet nog

geschieden). Aldus ligt de basismeting te Meppen symmetrisch ingesloten tussen 4 ijkingen in het terrein en 2 ijkingen in het laboratorium.
De mogelijkheid bestaat echter dat een vergelijking van de nauwkeurigheid van de ijking volgens beide methoden vertroebeld wordt door oorzaken die niet zijn te achterhalen, zoals een plotselinge of meer geleidelijke lengteverandering van de draad door schokken, door afwikkelen en oprollen, door kleine knikken, enz. Een zorgvuldige analyse van al het waarnemingsmateriaal, dat thans ter beschikking is gekomen, zal dit moeten uitwijzen.

LITERATUUR

[1] Sir HAROLD JEFFREYS, Scientific Inference, Cambridge University Press, 1957.
[2] J. HEUVELINK, Basis bij Stroe 1913, N.V. Technische Boekhandel en Drukkerij J. Waltman Jr., Delft 1932.

HOEKMETINGEN

DOOR IR. M. HAARSMA

HOOFDLANDMETER BIJ DE BIJHOUDINGSDIENST

VAN DE RIJKSDRIEHOEKSMETING

Hier zal alleen het meten van hoeken in het horizontale vlak worden besproken, daar verticale hoeken dienen voor hoogtebepaling, waaraan in dit lustrumboek een afzonderlijk artikel wordt gewijd.

Een tweede beperking van het bovenschrift is het behandelen van uitsluitend primaire of eerste orde hoekmeting. Deze beperking is echter niet wezenlijk, daar de hoekmeting voor de bepaling van lagere orde punten niet principieel verschilt van die voor de primaire punten. Opzet van en werkwijze bij de lagere orde metingen volgen dan ook uit die voor de hogere orde metingen door de aan laatstgenoemde te stellen eisen af te zwakken, wat in de gebruikte methoden en instrumenten tot uitdrukking komt.

Daar bij de primaire metingen in de eerste plaats de nauwkeurigheid belangrijk is en deze afhangt van het instrument, de opstelling, het signaal, de atmosferische omstandigheden, de waarnemingsmethoden en de waarnemer, worden eerst deze, de nauwkeurigheid bepalende, factoren in bovengegeven volgorde besproken.

Daarna wordt nog aangegeven op welke wijze getracht kan worden de gewenste nauwkeurigheid gedurende het meetproces aan te houden.

Het instrument waarmee de hoekmeting wordt uitgevoerd is de theodoliet. De eerste theodoliet is door de Engelsman Sisson omstreeks 1730 vervaardigd. Hierin vindt men alle kenmerken van de moderne theodoliet terug. Voor zover bekend wordt het woord „theodolitus" het eerst gebruikt door Leonard Digges in zijn boek „Pantometria" (Londen 1571) waarin hij onder deze naam een hoekmeetinstrument beschrijft, bestaande uit een verdeelde volle cirkel met draaibare index en diopter.

Over de herkomst van het woord zijn de meningen verdeeld. Een zeer

belangrijk onderdeel van de theodoliet is de richtkijker. Hoewel de verrekijker omstreeks 1600 door de Nederlanders ZACHARIAS JANSEN, HANS LIPPERSTEIN of ADRIAAN METIUS schijnt te zijn uitgevonden, was hiermee, door de combinatie positieve en negatieve lens voor objectief en oculair, nog niet de eerste meetkijker ontstaan. Door het objectief werd van het voorwerp een virtueel beeld gevormd, waardoor het niet mogelijk was de kijker van een index te voorzien.

In 1611 stelde KEPLER (1571–1630) een kijker samen uit twee positieve lenzen, waarbij in het beeldvlak van het objectief een dradenkruis als index kon worden aangebracht. Het hierop geprojecteerde beeld van het voorwerp wordt door het oculair als loupe bekeken. Deze constructie eist bewegingsmogelijkheden van de kruisdraden ten opzichte van het objectief en van het oculair ten opzichte van de kruisdraden.

De kwaliteit van een kijker wordt bepaald door de helderheid, die evenredig met de diameter van het objectief is, en de vergroting, d.i. de brandpuntsafstand van het objectief gedeeld door die van het oculair; de lengte van de kijker bepaalt de praktische bruikbaarheid.

Bij alle pogingen tot verbetering van de meetkijkers zijn deze factoren steeds tegen elkaar afgewogen.

De door KEPLER geconstrueerde kijker was slechts bruikbaar bij geringe vergroting en een klein gezichtsveld, door de optredende sferische en chromatische aberratie. Door lenzencombinaties kan nu de chromatische afwijking voor verschillende kleuren worden opgeheven. De hierdoor bereikte vergroting van het bruikbare beeldvlak heeft tot verkorting van de brandpuntsafstanden van objectief en oculair en dus tot verkorting van de kijkers geleid. De mogelijkheden worden hier beperkt door de minimum brandpuntsafstand van 9 à 10 mm voor het oculair in verband met zijn afbeeldingsfouten. Het door FRAUNHOFER samengestelde objectief, bestaande uit een biconvexe lens van crownglas en een concaaf-convexe lens van flintglas, wordt in meetinstrumenten het meest toegepast.

Om de kijkervergroting op te voeren door vergroting van de brandpuntsafstand van het objectief zonder de kijker te verlengen, zijn de teleobjectieven ingevoerd. Hierbij is een concave lens aan het objectief toegevoegd zodanig dat het samengestelde lenzensysteem een grote brandpuntsafstand krijgt.

De in deze eeuw aangebrachte optische en constructieve verbeteringen

van de theodoliet staan vrijwel alle op naam van de geniale Zwitserse constructeur Dr. HEINRICH WILD (1877–1951). In 1908 voerde hij de centrale instellens, een biconcave, in de richting van de kijker verplaatsbare lens, in. Hierdoor kan de afstand van het objectief tot het dradenkruis constant worden gehouden, terwijl met een zeer geringe verplaatsingsmogelijkheid van het oculair, afhankelijk van de waarnemer, kan worden volstaan. De kijker is nu stof- en waterdicht terwijl een aanzienlijke vergroting bij een korte kijker is verkregen. Een te sterke negatieve lens veroorzaakt ontoelaatbare chromatische afwijkingen van het objectiefsysteem, waardoor de helderheid afneemt en, afhankelijk van de kleur van de omgeving, op verschillende beeldvlakken kan worden ingesteld, hetgeen aanzienlijke meetfouten veroorzaakt. Ook hier is men dus aan grenzen gebonden.
Verdere verkorting van de kijker, gepaard gaande met een grote objectiefopening, heeft WILD gevonden in de spiegellenzenkijker. Nevenbeelden die optreden door reflectie op de voorkant van de spiegellenzen, zijn uiterst zwak en zijn door de keuze van de lenzen ver van het hoofdbeeld gehouden, zodat ze niet storend werken.
De onstabiliteit van de vizierlijn, de verbindingslijn van het optisch middelpunt van het objectief met het snijpunt van de kruisdraden, kan een niet te verwaarlozen factor zijn.
Bij eerste orde meting, waarbij uitsluitend op ver verwijderde punten wordt gericht, is de veranderlijkheid van de vizierlijn bij verplaatsing van oculair en meetmerk of van de centrale instellens van geen belang, maar wel de gevoeligheid van de vizierlijn voor temperatuursverschillen. Figuur 1 toont deze afhankelijkheid voor de Wild T 3 no. 18815, in gebruik bij de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting. Hier zijn de verschillen tussen de randaflezingen in de kijkerstand I en kijkerstand II, verminderd met 200 gr, bij verschillende temperaturen aangegeven.
Het verkorten van de kijker zal deze invloed vergroten. Het meetmerk bestond vroeger uit kruisdraden van paardehaar of spinragdraden; tegenwoordig bestaat het uit op glas geëtste of gefotografeerde strepen, hoewel nog steeds van kruisdraden wordt gesproken. Het dradenkruis treft men in verschillende vormen aan, variërend van een enkele verticale streep tot een vijftal, om door meerdere onafhankelijke instellingen de toevallige richtfout te kunnen verkleinen. Bij oudere instrumenttypen werd het-

zelfde beoogd door beweegbare kruisdraden. Een enkele horizontale draad in het midden van het gezichtsveld markeert het eigenlijke meetmerk.

Een uiterst belangrijk onderdeel van de theodoliet is ook de verdeelde cirkelrand. In 1919 heeft WILD de verdeelde glasrand geïntroduceerd. Volgens onderzoekingen van F. B. ORDNING waarbij na verloop van tijd een toenemen van de periodieke randfout is geconstateerd, is het niet uitgesloten dat, door de wijze van bevestigen van de te verdelen glasrand op de verdeelmachine, spanningen worden opgeroepen die bij uitwerken deformaties teweeg brengen. Dit onderzoek wordt nog voortgegezet.

Figuur 2 toont de gevonden periodieke randfouten van de bij de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting in gebruik zijnde theodolieten Wild T 3. Figuur 3 geeft hetzelfde voor de in april geleverde en onderzochte T 3 no. 58204. De instrumenten zijn volgens de methode Heuvelink onderzocht. De vraag of de kwaliteit van de nieuwe theodoliet blijvend is, zal pas na latere onderzoeken beantwoord kunnen worden.

Hoewel de invloed van de periodieke randfout door de toegepaste meetmethode kan worden geëlimineerd, beïnvloedt deze fout wel de uit de waarnemingen berekende schatting van de nauwkeurigheid. Teneinde hiervoor representatieve waarden te vinden zijn voor de eerstgenoemde vier T 3's dubbelschalen geconstrueerd waaruit de correcties van de aflezingen volgen.

Vóór 1925 werden de meeste randverdelingen nog volgens de kopieermethode of met halfautomatische verdeelmachines aangebracht. Daarna trad hiervoor de automatische machine in de plaats. Tegenwoordig worden ook gecompenseerde randverdelingen gemaakt waarbij twee verdeelde glasringen zo worden gekit dat de gemiddelde randstrepen van beide verdelingen praktisch foutloos zijn. Hiervoor worden twee verdelingen bij elkaar gezocht die deze compensatie zo goed mogelijk kunnen bewerkstelligen. (Askania-Warte nr. 53). Randen groter dan ongeveer 15 cm worden nog steeds van metaal vervaardigd.

Ook de wijze van aflezen van de rand heeft in de loop der jaren aanzienlijke verbeteringen ondergaan. Oorspronkelijk werd de plaats van de index op de rand eenvoudig geschat. Omstreeks 1300 paste LEVI BEN GERSON, vermoedelijk als eerste, het principe van de transversaalverdeling toe. In 1542 introduceerde PEDRO NUNEZ een aflezing met behulp

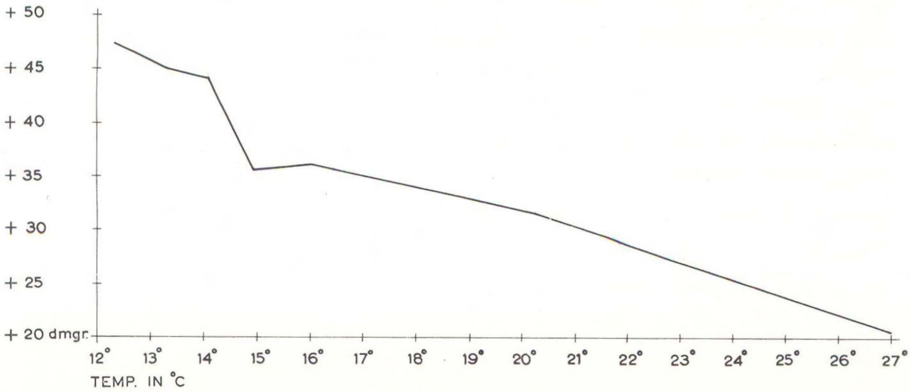


Fig. 1 Veranderlijkheid van de vizierlijn bij de T 3 no. 18815

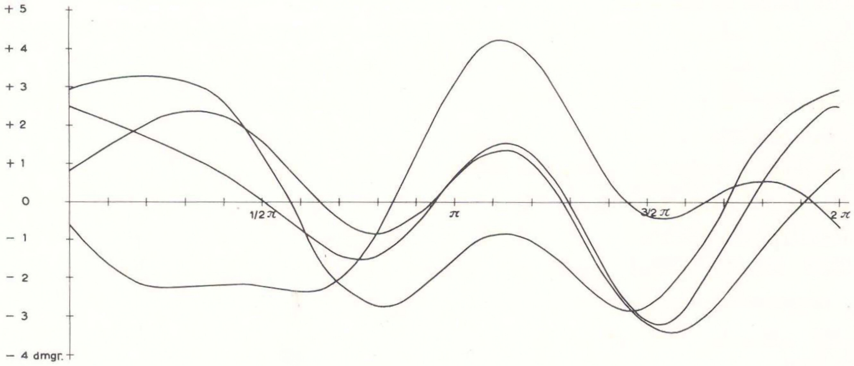


Fig. 2 Periodieke randfout

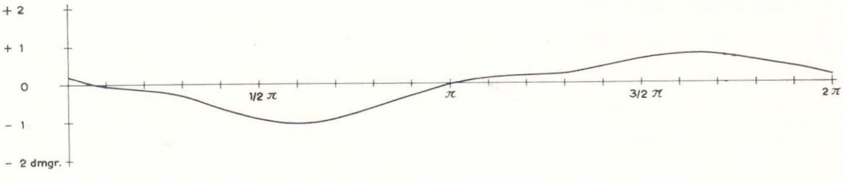


Fig. 3 Periodieke randfout T 3 no. 58204

van 46 concentrische cirkels op de rand. De cirkels waren van buiten naar binnen in 90 tot 45 delen verdeeld. De als index dienende straal van de cirkel viel op deze wijze steeds ongeveer samen met een of andere verdeelstreep. Dit principe heeft geleid tot de door CLAVIUS ingevoerde nonius. Hij gebruikte beide verdelingen nog los van elkaar, zodat voor het aflezen een passer moest worden gebruikt.
PIERRE VERNIER heeft in 1631 de nonius aan de alhidade bevestigd en dus de nu nog bestaande gebruiksvorm gegeven.
Nadat aan het einde van de 13e eeuw de microscoop werd uitgevonden, is deze gebruikt voor het opvoeren van de afleesnauwkeurigheid in de vorm van nonius-, streep-, schaal- en schroefmicroscoop.
In 1924 heeft WILD voor een nieuwe Zeiss-theodoliet een afleesconstructie ontworpen, waarbij twee diametrale randaflezingen optisch worden gemiddeld. De zo gevormde enkele aflezing kan naast de richtkijker worden verkregen. Hierdoor liggen nu de prestaties van één waarnemer hoger dan die van twee waarnemers voorheen. Dit beginsel is dan ook in de theodolietbouw algemeen aanvaard.
De principiële opbouw van de theodoliet is in de loop der eeuwen niet veranderd. De verticale of eerste as, de horizontale of tweede as, de vizierlijn en het draaien van de richtkijker om beide eerstgenoemde assen, bieden de mogelijkheid tot het meten van horizontale en verticale hoeken.
De moderne instrumenten voldoen aan de eisen dat de eerste as loodrecht op het vlak van de rand en de tweede as loodrecht op de eerste as staat. Bij oudere typen is de stand van de tweede as regelbaar. De vizierlijn valt zoveel mogelijk samen met de as van de kijker en staat dan loodrecht op de tweede as, maar is enigszins regelbaar door verplaatsing van de kruisdraden. Aan de eerste eis moet streng worden voldaan. Fouten voortvloeiend uit het niet voldoen aan de tweede eis worden geëlimineerd door het middelen van twee metingen in verschillende kijkerstanden, waarbij de kijker 180° om de tweede as wordt gedraaid en daarna 180° om de eerste as.
Alleen de hoekmetingen met richtpunten op verschillende hoogte worden door de stand van de vizierlijn ten opzichte van de tweede as beinvloed.
De invloed van het niet samenvallen van het snijpunt van de eerste as met het middelpunt van de randverdeling, de excentriciteit van de rand,

wordt geëlimineerd in het gemiddelde van de aflezingen van twee diametraal gelegen randplaatsen. Ook valt de draaiingsas van de rand niet samen met het middelpunt van de verdeling. Het gemakkelijk draaibaar zijn van de eerste as (alhidade) en de afzonderlijke draaiingsmogelijkheid van de rand veroorzaken onherroepelijk een veranderlijke excentriciteit. Door GÜNTHER SCHEEL is hiervan een grondige studie gemaakt.
De vroeger algemeen gebruikte conische assen zijn bij de nieuwe, door WILD geconstrueerde, instrumenten door cilindrische vervangen.
De Wild- en Kerntheodolieten dragen het stempel van de grote constructeur Dr. H. WILD. Askania heeft min of meer een eigen stijl weten te handhaven, terwijl de moderne Engelse en Amerikaanse instrumenten in vele opzichten de indruk wekken onvolmaakte kopieën te zijn van de continentale typen.
De belangrijkste eerste orde theodolieten zijn momenteel: de Wild T 3, de Kern DKM 3, de Askania Tpr., de 5 inch Tavistock van Cooke, Troughton en Simms en de Amerikaanse theodoliet van Gurly.
Prof. GIGAS heeft in de Askania Tpr. voor de randaflezing de camera ingevoegd. Het randbeeld wordt op dezelfde wijze uitgemeten als bij de directe aflezing, zij het met behulp van een daarvoor bestemd apparaat. Ook de Wild T 3 is op deze wijze uitgerust verkrijgbaar, waarbij echter alleen de horizontale randaflezing fotografisch wordt geregistreerd.
De hiermee bereikbare tijdwinst is niet wezenlijk, zolang men met het oog op laterale refractie de waarnemingen toch over verschillende dagen moet verdelen. Bij het gelijktijdig richten op bewegende richtpunten is het uitschakelen van de waarnemer bij de aflezing van veel groter belang. Bij deze wijze van trianguleren (flare-triangulation, Hochzieltriangulation) wordt de fotografische registratie dan ook toegepast.
Het eveneens door Prof. GIGAS geïntroduceerde ,,elektrische oog'' heeft tot doel langs elektronische weg het signaal in te stellen. Hierbij wordt het van een schijnwerper afkomstige licht in het beeldveld van de kijker verticaal in tweeën gedeeld. Beide lichtbundels worden fotometrisch met elkaar vergeleken. Het punt is nu ingesteld als beide stroompjes even sterk zijn, in welke stand door de naald op een meter de stand nul wordt aangegeven. Deze methode is uitsluitend voor nachtmetingen bruikbaar; de waarnemingen worden gestoord door andere lichtbronnen in het gezichtsveld en alleen de instelfout wordt gereduceerd.
Dit wordt ook bereikt door het gebruik van zoneplaten voor het objectief

van de kijker. Bij deze toepassing van de door Prof. VAN HEEL ontwikkelde aligneermethode wordt een aantal concentrische ringen voor het objectief aangebracht, waarvan de van de lichtbron afkomstige lichtbundel een interferentiepatroon vormt. Hierop is het snijpunt van de kruisdraden uiterst scherp in te stellen, waarbij de ondulatie veel minder storend werkt dan bij het directe richten op de lichtbron het geval is. Daar voor het verkrijgen van het interferentiebeeld een aanzienlijke lichtsterkte vereist is, zijn metingen overdag uitgesloten en zijn zelfs 's nachts de mogelijkheden beperkt, hoewel bij de directe waarneming overdag de lichten meestal met fijne gazen hoezen moeten worden afgeschermd.

De belangrijkste opstellingseis is het verticaal stellen van de eerste as, daar fouten, ontstaan door het niet voldoen aan deze eis, op geen enkele wijze kunnen worden geëlimineerd.
Voor eerste orde metingen wordt de theodoliet op een stabiele meetpijler opgesteld. Bij kerktorens bestaat deze meestal uit een, op de muurkroon gemetselde stenen pijler (fig. 4).
Bij grondpunten moet men zich met minder vaste opstellingen tevreden stellen. Hier worden meettorens van sterk verschillende constructies gebouwd van hout, metaal of beton. Van Amerikaanse makelij is een door BILBY ontworpen verplaatsbare stalen toren.
Al deze meettorens hebben gemeen, dat de plaats voor de theodoliet en voor de waarnemer van elkaar onafhankelijk zijn. Een tweede gemeenschappelijke eigenschap is de gevoeligheid voor draaiing, pijlerdraaiing, tengevolge van eenzijdige verwarming. Ook bij betrekkelijk korte gemetselde pijlers treedt dit verschijnsel merkbaar op als de zon onvoldoende wordt

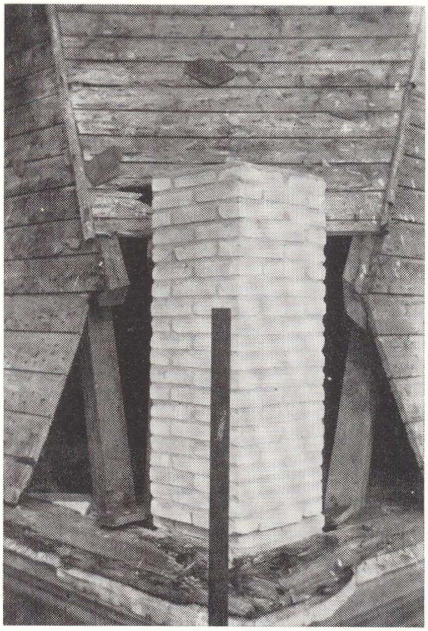


Fig. 4 Stenen pijler

Fig. 5 Ruinen

Fig. 6 Uelsen (D.)

afgeschermd. Zon en wind worden daarom zoveel mogelijk van het instrument en de meetpijler geweerd.
Om tengevolge van temperatuursverschillen optredende spanningen te laten uitwerken, wordt het instrument steeds minstens een uur voor het begin van de metingen op de pijler geplaatst.
Van belang is ook de stelschroeven zoveel mogelijk ingedraaid te houden en er op te letten dat deze vrij zwaar draaien.
De figuren 5 en 6 geven enige bebouwingen van eerste orde punten van het Nederlandse driehoeksnet.
Dat pijlerdraaiing zelfs bij volkomen bedekte lucht verwacht kan worden, moge blijken uit het volgende onderzoek. Om na te gaan of een minder juist gerichte lichtbundel de waarnemingen beïnvloedt, werd bij bedekte lucht maar met windkracht 5 op Weiteveen gemeten naar een op Hesepe geplaatste schijnwerper. In verschillende schijnwerperstanden werd, steeds in dezelfde randstand, twintig maal ingesteld en afgelezen. Figuur 7 geeft grafisch de resultaten weer. Hierdoor wordt een sterke afhankelijk-

heid gesuggereerd. Voortgezet onderzoek tussen Winschoten en Finsterwolde ontkende dit verband echter volkomen.
Bij eerste orde metingen waar afstanden van 30–40 km moeten worden overbrugd, worden heliotropen of schijnwerpers als richtpunten gebruikt. Daar heliotropen de directe zonnestraling in de gewenste richting terugkaatsen, is de bruikbaarheid van dit hulpmiddel in ons klimaat beperkt. Ze worden dan ook door de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting uitsluitend daar gebruikt, waar bewaking bij de schijnwerper noodzakelijk is en dan in combinatie hiermee.

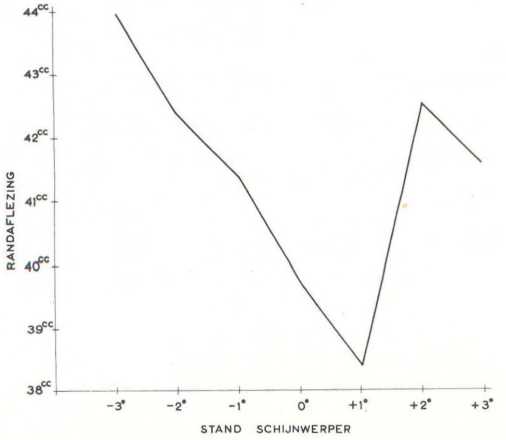


Fig. 7

Een voordeel van de schijnwerper is, dat gemeten kan worden bij bedekte lucht, waarbij de in verband met ondulatie voor meting gunstige periode over het algemeen van langere duur is. Verder kan bij aansluiting aan het lichtnet, door middel van een tijdschakelklok, de schijnwerper automatisch functioneren.
Een onderzoek naar de kwaliteit van verschillende typen schijnwerpers heeft bij de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting geleid tot het aanschaffen van de Bosch-Eisemann schijnwerpers (diameter van de spiegel 20 cm), uitgerust met 6 V, 50 W gloeilampen en Francis zoeklichten (diameter van de spiegel 11 inch) voorzien van hogedruk kwikdamplampjes. Terwijl de lichtsterkte voor beide typen aanmerkelijk verschilt, respectievelijk 290 000 en 6 000 000 kaars, blijkt uit figuur 8, dat de mogelijkheden beperkt zijn. Bij de Bosch-schijnwerper blijkt bij zonnig weer de reikwijdte zelfs kleiner te zijn dan het zicht.
Waar de zon als lichtbron beter binnen het bereik ligt dan een stroombron, zijn heliotropen van verschillende typen in gebruik.

De atmosferische omstandigheden beïnvloeden de nauwkeurigheid van de meetresultaten in de eerste plaats door het veroorzaken, in combinatie

met de geaardheid van het terrein waarover de richtingen lopen, van zijdelingse of laterale refractie. Deze afbuiging van de lichtstralen ontstaat daar, waar een horizontale temperatuursgradiënt optreedt. Men wapent zich tegen deze invloed door de metingen onder zoveel mogelijk verschillende atmosferische omstandigheden uit te voeren, dus te splitsen over meerdere dagen en (of) nachten. Hierdoor wordt aan deze foutenbron het systematisch karakter ontnomen. Richtingen langs water of berghellingen tracht men met het oog op deze straalbreking zoveel mogelijk te vermijden.

Een tweede door wind, zon en regen veroorzaakte bron van fouten is de al genoemde pijlerdraaiing. Men bestrijdt deze factor in de meetmethode of door het meten van de draaiing gedurende het waarnemen. In Frankrijk gebruikt men hiervoor een tweede kijker met verplaatsbare kruisdraden en een micrometer, onder de meetkijker gemonteerd.

Door verwarming van de lucht treedt ondulatie op. Hierdoor is het waarnemen zelfs bij bedekte lucht 's ochtends en 's middags uiterst zelden mogelijk. Enige uren voor zonsondergang neemt de amplitude van de trillingen af, de lichten worden meer puntvormig en waarnemen is dan mogelijk. Dikwijls volgt een korte periode met stilstaande beelden. Hierna treedt de avondondulatie in met uiterst langzame verplaatsing van de beelden. In deze periode is waarnemen uitgesloten, hoewel een niet geroutineerde waarnemer deze periode zal trachten te benutten, daar de beweging onopvallend is. Tegen zonsopkomst is weer een periode, hoewel meestal korter, te verwachten waarbij de lichten bruikbaar zijn.

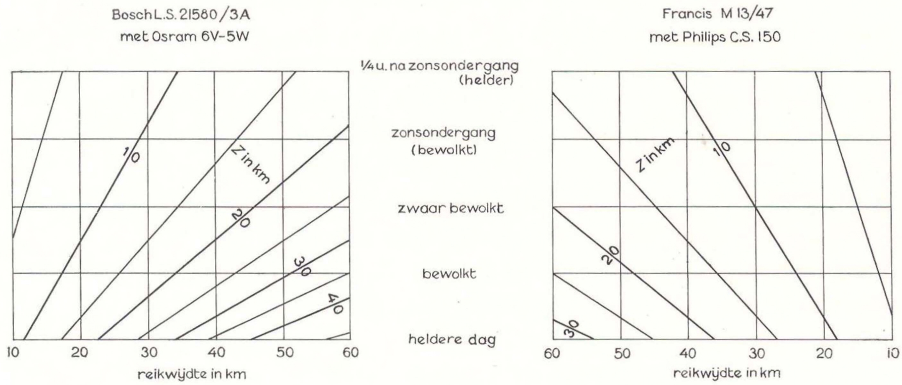


Fig. 8 Reikwijdte van schijnwerpers

De verschillende in gebruik zijnde meetmethoden hebben alle de volgende punten gemeen: het aantal metingen wordt gelijk verdeeld over de beide kijkerstanden om de invloed van de ontregeling van de tweede as en de vizierlijn te elimineren en de waarnemingen worden regelmatig over de rand verdeeld om uit de gemiddelden de invloeden van periodieke randfouten te weren.
Tussen 1868 en 1871 is door Schreiber een methode van hoekmeten ontwikkeld waarbij de hoeken, gevormd door combinaties van telkens twee richtingen, een gelijk aantal malen worden gemeten. Wordt op alle meetstations het produkt van het herhalingsgetal en het aantal richtingen gelijk genomen dan worden volgens de theorie alle vereffende richtingen even nauwkeurig en correlatievrij. Deze methode is veel toegepast en heeft ook nu nog veel aanhangers.
Door moeilijk meetbare richtingen een passend hoger herhalingsgetal te geven heeft Wolf de werkwijze meer aan de fysische omstandigheden aangepast. Het aantal extra waarnemingen wordt afgeleid uit de tijdens de uitvoering van het meetprogramma berekende nauwkeurigheden van de verschillende hoeken. Terwijl bij de methode van Schreiber de meting van iedere hoek onmiddellijk gevolgd wordt door de meting van dezelfde hoek in tegengestelde richting ter eliminatie van de invloed van de regelmatig met de tijd verlopende pijlerdraaiing, adviseert Bradford in plaats van de terugmeting het meten van het explement van de hoek. Hiermee wordt tevens het effect van het meeslepen van de rand, althans gedeeltelijk, te niet gedaan.
Bij de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting is voor de T 3 no. 18815 bij het meten van een hoek van 50 gr voor het meeslepen van de rand een bedrag van 0,24 dmgr gevonden.
Vóór 1900 zijn in Frankrijk de eerste orde metingen in series uitgevoerd met een korte hulprichting waarop de seriemeting werd begonnen en afgesloten.
Nu de punten met schijnwerpers worden verlicht en dus weinig of geen onvolledige series ontstaan, terwijl de pijlerdraaiing kan worden gemeten, zal deze methode mogelijk weer aan populariteit winnen.
Momenteel past men in Frankrijk de enkele hoekmeting toe, waarbij iedere richting gekoppeld wordt aan een hulprichting, al dan niet tot de te meten richtingen behorend. Ook hier worden de hoeken onmiddellijk na elkaar heen en terug gemeten. Het voordeel dat de hulprichting

zo gekozen kan worden, dat deze steeds meetbaar is en men dus voor het meten van een hoek slechts afhankelijk is van het zichtbaar zijn van de andere richting, heeft, door het invoeren van de schijnwerpers, veel aan betekenis verloren. Deze methode wordt zowel reïtererend als repeterend toegepast.

Voor het bereiken van een bepaalde nauwkeurigheid is bij de methode van Schreiber een aanzienlijk geringer aantal waarnemingen nodig dan bij de daarna genoemde methoden. Ook wordt hierbij vollediger het wisselen van atmosferische invloeden in de resultaten opgenomen.

In Zwitserland wordt sinds 1904 de „Sectorenmethode" toegepast. Bij deze door WILD ontwikkelde methode worden enige hoofdrichtingen gekozen die de horizon in sectoren verdelen. Deze aangrenzende hoeken worden afzonderlijk gemeten. De andere richtingen worden door hoekmeting verbonden met de beide de sector begrenzende hoofdrichtingen, zodanig, dat door optellen van deze deelhoeken nieuwe waarden voor de sector worden gevonden. In de sectoren kunnen ook weer hoofdrichtingen gekozen worden, die als de oorspronkelijke hoofdrichtingen worden behandeld. Deze methode leent zich uitstekend voor het aanpassen van het meetprogramma aan de plaatselijke moeilijkheden, terwijl in hetzelfde meetprogramma ook richtingen van lager orde, zij het met geringer gewicht, zijn opgenomen. De sectorenmethode is een uitbreiding van het meten van aangrenzende hoeken.

Een geperfectioneerde uitvoering hiervan is door Dr. K. KUČERA in Tschechoslowakije ontwikkeld.

Iedere hoek wordt met drie instrumenten door twee waarnemers in 16 laboratoriumeenheden gemeten. De door J. KROVAK in 1936 ingevoerde laboratoriumeenheid bestaat uit het meten van een hoek in twee series, één in kijkerstand I en één in kijkerstand II. Vóór het doorslaan van de kijker wordt de rand 100 gr en de trommel over de helft van zijn bereik verzet. De rand- en micrometerinstelling is voor het gemeenschappelijk been van twee aangrenzende hoeken voor beide hoeken dezelfde. Iedere richting wordt tweemaal ingesteld en afgelezen.

Met het derde instrument wordt door ieder der waarnemers 8 eenheden gemeten. Op deze wijze is de persoonlijke fout van de waarnemers op te sporen.

Verder wordt nog gecorrigeerd voor run, meeslepen van de rand en voor een foutieve stand van de eerste as, door aflezen van het alhidade-niveau.

Het hoge herhalingsgetal en de wijze van meten maakt een nauwkeurige analyse van de metingsresultaten mogelijk. Hiertoe worden 7 standaardafwijkingen berekend. Uiteraard wordt met deze methode een hoge nauwkeurigheid bereikt die in niet geringe mate het gevolg is van het grote aantal waarnemingen.

Onafhankelijk van de keuze van de meetmethode is het voor de waarnemer geen eenvoudige opgave de verlangde nauwkeurigheid te bereiken. Zelfbeheersing en uiterste concentratie zijn hiertoe in de eerste plaats vereist.
Het beoordelen van het tijdstip waarop met meten kan worden begonnen en het moment waarop dit niet meer mag, leert slechts de ervaring.

Zelfs de meest geroutineerde waarnemer kan niet instaan voor de betrouwbaarheid van zijn meetresultaten, tengevolge van de per station sterk wisselende uiterlijke omstandigheden en de per dag vaak gewijzigde atmosferische toestand, terwijl ook de psychische en fysieke toestand van de waarnemer zelf zijn invloed kan doen gelden.
Het is daarom nodig gedurende de uitvoering van het meetprogramma de verkregen resultaten te toetsen.
Bij de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting gebeurt dit op de volgende manier.
Daar het primaire Nederlandse driehoeksnet volgens de methode van Schreiber is gemeten wordt voor de aanvullende metingen ook deze werkwijze toegepast, zij het met de door Bradford aangegeven modificatie.
Inmiddels zijn de Wanschaff, 35 cm, theodolieten, waarmee ons primaire net is gemeten door Wild T 3 theodolieten vervangen.
Daar de periodieke randfout van de T 3's, in tegenstelling tot die van de Wanschaff theodolieten, de waarnemingen merkbaar beïnvloedt, worden ter verkrijging van een betrouwbare schatting van de nauwkeurigheid, de meetgetallen hiervoor gecorrigeerd. Voor deze correctie is voor ieder instrument een dubbelschaal geconstrueerd (zie fig. 9).
Schreiber heeft vier bepalingswijzen voor de nauwkeurigheid van de enkele waarneming aangegeven en wel:

a. Uit de verschillen tussen de hoekgemiddelden en de vereffende hoeken (= verschil tussen de vereffende richtingen).

b. Uit de verschillen tussen de seriegemiddelden (= gemiddelden tussen heen- en terugmeting van een hoek) en de vereffende hoeken.
c. Uit de verschillen tussen de seriegemiddelden en de totale hoekgemiddelden.
d. Uit de verschillen tussen de meting van de hoeken in heen- en teruggang.

Daar de volgens d berekende schatting slechts een inzicht geeft in de richt- en afleesnauwkeurigheid en dus niet representatief is voor de nauwkeurigheid van de verkregen meetresultaten, wordt deze schatter niet voor toetsing gebruikt. Bij de berekening volgens a, is het aantal overtallige waarnemingen gering, de schatting dus tamelijk ruw, zodat ook hiervan verder geen gebruik wordt gemaakt. Voor de toetsing worden dan ook alleen de uit b en c berekende schattingen gebruikt.

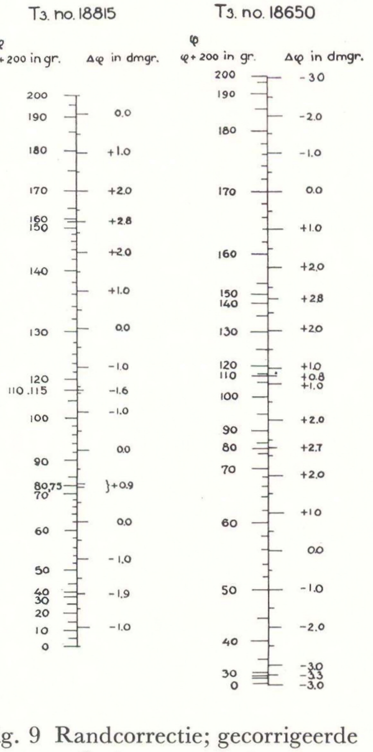


Fig. 9 Randcorrectie; gecorrigeerde aflezing = $\varphi + \Delta\varphi$

Tussen de schatters uit a, b en c berekend, bestaat een eenvoudig verband, zodat deze ook niet onafhankelijk zijn. Zijn de uit b en c berekende schattingen niet wezenlijk verschillend, dan zijn de systematische invloeden van refractie, eenzijdige belichting e.d. door de wijze van meten geëlimineerd.

Uit het grote aantal waarnemingen in het gehele driehoeksnet zijn betrouwbare waarden voor bovengenoemde schatters afgeleid. Met behulp van de χ^2-toets worden de uit de nieuwe metingen gevonden waarden hiermee vergeleken.

Bij onvoldoende overeenstemming worden aanvullende metingen uitgevoerd, waarbij het aantal bijmetingen afhankelijk is van de optredende verschillen. Blijkt, ondanks het spreiden van de waarnemingen over meerdere avonden, de invloed van de refractie onvoldoende geëlimi-

neerd te zijn, dan zal men veelal trachten met behulp van nachtmetingen, waarbij de invloed van de refractie tegengesteld is aan die bij dagmetingen, tot bevredigender resultaten te komen.
Deze toetsing geeft een behoorlijke zekerheid dat men tijdens de berekening van de sluittermen niet voor onaangename verrassingen komt te staan. Desondanks verdient het toch aanbeveling de signalen op of boven de meetpijlers aan te brengen om de sluittermen van de driehoeken al in het terrein te kunnen berekenen.

De nauwkeurigheid van het hoekmeten wordt niet meer begrensd door de kwaliteit van het instrument, slechts in geringe mate door die van de geroutineerde waarnemer, maar in hoofdzaak door atmosferische storingen. Deze veroorzaken breking in de verschillende luchtlagen van de optische weg. Daar afstanden voor deze afbuigingsverschijnselen minder gevoelig zijn dan richtingen en men er in is geslaagd met behulp van lichtgolven en radiogolven afstanden te meten, treedt momenteel de trilateratie, dus het meten van de driehoekszijden, naar voren.
Maar daar ook hier de atmosfeer als medium dient en zich, zij het op andere wijze, doet gelden, mag worden verwacht dat meer de economie wordt bevorderd dan verhoging van de nauwkeurigheid.

LITERATUUR

A. Laussedat, Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques, Paris 1898.

Dr. Fritz Schmidt, Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter, Neustadt an der Haardt 1935.

Edmond R. Kiely, Surveying instruments, New York 1947.

Nick Pardalis, Ueber die Entwicklung des Theodolits, München 1956.

Dr. Heinrich Wild, De nieuwste theodolietconstructies, Tijdschrift K. en L. 1939.

Heinrich Wild Jr., Over kijkers voor meetinstrumenten, Idem 1940.

Ing. H. J. Heuvelink, Die Prüfung der Kreisteilungen von Theodoliten und Universalinstrumenten, Z.f.I. 1925.

F. B. Ordning, Sind die Glaskreise der neuen Theodolite genügend stabil? Trondheim 1954.

F. B. Ordning, Die Teilkreisgenauigkeit moderner Theodolite, Trondheim 1955.

Günther Scheel, Ueber die Exzentrizität von Teilkreisen, Frankfurt am Main 1955.

Erwin Gigas, Theodolites with photographic registration, Bull. géod. 1950.

Askania Werke, Théodolite de précision Askania d'après Gigas avec enregistrement photographique, Bull. géod. 1950.

C. Kühne, Das Elektrische Auge als Hilfsmittel für die Zieleinstellung, Askania Warte nr. 55.
Ir. C. Franx Jr. en Ir. P. Richardus, Een nieuwe methode van richten met een theodoliet, Tijdschrift K. en L. 1953.
Ir. P. Richardus, De toepassing van de aligneermethode met interferentiepatronen op polygoon- en driehoeksmetingen, Tijdschrift K. en L. 1955.
Rudolf Brein, Ueber die Zielerfassung bei geodätischen Winkelmessungen auf grosze Entfernungen, Frankfurt am Main 1954.
Ir. M. Haarsma, Het gebruik van zoeklichten bij de Bijhoudingsdienst van de Rijksdriehoeksmeting, Tijdschrift K. en L. 1959.
O. Schreiber, Ueber die Anordnung von Horizontalwinkel-Beobachtungen auf der Station, Z.f.V. 1878.
Dr. Ing. H. Wolf, Zwei Vorschläge zur Erweiterung des von O. Schreiber eingeführten Verfahrens der Winkelmessung in allen Kombinationen, Handbuch für die Dreiecksmessung I Ordnung.
A. Lange, Betrachtungen zur Horizontalwinkelmessung in Hauptdreiecksnetzen, Vermessungstechnik 1955.
Jordan-Eggert-Kneissl, Handbuch der Vermessungskunde Band IV 1958.
Tardi-Laclavère, Traité de Géodésie Tome I.
G. Bomford, Geodesy 1952.
Charles B. Breed and George L. Hosmer, The principles and practice of Surveying, Vol II Higher Surveying 1953.

HOOGTEMETEN EN WATERPASSEN

DOOR IR. A. WAALEWIJN

HOOFDINGENIEUR BIJ DE MEETKUNDIGE DIENST VAN DE RIJKSWATERSTAAT

Bij de keuze van de titel van dit opstel hebben we bewust een scheiding gemaakt tussen twee begrippen die in het algemeen over een kam geschoren worden. In het volgende zullen we trachten aan te tonen hoezeer beide begrippen verschillend zijn en hoe zij elkaar wederzijds aanvullen. Aan de hand van deze beschouwing kunnen we dan op logische wijze de instrumenten die de geodeet op deze gebieden ten dienste staan, behandelen.

In een bepaald punt van het aardoppervlak mogen we de richting van de zwaartekracht, de verticaal, zeker de voor de geodeet belangrijkste richting noemen. Hoogtemeting definiëren we nu als het meten van afstanden in deze fundamentele richting zelf. Het meten van afstanden in richtingen loodrecht op de verticaal wordt dan als situatiemeting betiteld.

Uit deze definitie van hoogtemeting volgt, dat het instrument waarmee hoogteverschillen gemeten kunnen worden, eenvoudig een in de richting van de verticaal gehouden meetband, meetlat (baak) of een daarmee overeenstemmend instrument is.

Wanneer we ons het aardoppervlak voorstellen als een min of meer bolvormig gesloten oppervlak, dan blijkt reeds spoedig, dat we met de genoemde definitie niet veel kunnen bereiken, wanneer het ons erom te doen is hoogtemetingen op dit aardoppervlak te verrichten. Immers, in de natuur zullen we slechts zelden twee punten op het aardoppervlak in dezelfde verticaal aantreffen. Laten we het tegenpunt buiten beschouwing, dan treedt dit geval slechts op bij overhangende rotswanden of bij kunstwerken (b.v. kademuren).

We zullen dus nog moeten afspreken, wat we moeten verstaan onder het hoogteverschil van twee punten die niet in dezelfde verticaal gelegen zijn. Daartoe stellen wij per definitie het hoogteverschil van twee punten

die niet in dezelfde verticaal liggen nul, wanneer deze punten gelegen zijn in een gesloten oppervlak dat in elk van zijn punten loodrecht staat op de richting van de zwaartekracht. Voor het verplaatsen van de massa-eenheid langs zo'n vlak wordt door de zwaartekracht geen arbeid verricht. Het arbeidsvermogen (de potentiaal) is derhalve voor alle punten van het vlak gelijk; vandaar de naam equipotentiaalvlak (ook wel niveauvlak of waterpasvlak).

Dank zij deze definitie kunnen we nu algemeen spreken van het hoogteverschil van twee punten A en B op aarde, ook al liggen deze punten niet in dezelfde verticaal. Het bepalen van dit hoogteverschil omvat in principe twee handelingen: (fig. 1)

a. zoek in de verticaal van het punt B een hulppunt B′ dat in hetzelfde equipotentiaalvlak ligt als A. Het hoogteverschil AB′ is per definitie nul. Dit noemen we waterpassen;

b. meet het hoogteverschil BB′ langs de verticaal; dit hoogteverschil is het gevraagde hoogteverschil AB. Dit noemen we hoogtemeten.

Fig. 1

De instrumenten voor deze beide handelingen zullen we in de volgende paragrafen behandelen.

1 *Waterpassen onder gebruikmaking van natuurlijke niveauvlakken*

1.1 De eerste en eenvoudigste methode van waterpassen is die, waarbij men gebruik maakt van in de natuur aanwezige niveauvlakken, b.v. het wateroppervlak van een sloot, een meer of de zee. Helaas is een werkelijk bruikbaar niveauvlak in de natuur een zeldzaamheid; tengevolge van golfbeweging, stroming, getijbeweging, enz. zal in de meeste gevallen het wateroppervlak afwijken van een werkelijk niveauvlak. Toch is de methode in de achter ons liggende eeuwen van belang geweest, speciaal in ons polderland waar door het stopzetten van de bemaling stroming zo goed mogelijk kon worden vermeden. Bij voorkeur werd een ijsbedekking afgewacht, waardoor het effect van de wind praktisch was geëlimineerd (de zgn. waterpassing over het ijs). Enkele peilmerken in Amsterdam werden door Krayenhof in 1812 op deze wijze gecontroleerd.

Men kan ook trachten aan de hand van hulpmetingen correcties voor de storende invloeden te berekenen. Een dergelijke hydrografische waterpassing wordt thans tussen Engeland en Frankrijk uitgevoerd.

1.2 We kunnen bij het bovenstaande nog moeilijk van een „instrument" spreken. Denken we ons een aan twee zijden afgedamde, met ijs bedekte sloot waarin aan beide einden een bijt is gehakt, dan hebben we het principe van het flesjeswaterpas, zoals dat door de timmerman, zij het in wat meer hanteerbare vorm, wordt gebruikt. Het flesjeswaterpas is het eenvoudigste en meest logische waterpasinstrument, al zal niet ieder hierbij direct denken aan een instrument van de geodeet. Toch lezen wij in Van Kerkwijk: „Geodesie voor de kadetten van alle wapenen" (1847) over een „waterpas-instrument met gomélastieke slang en glazen volgens het voorstel van den Heer Blondat". In de laatste jaren is het flesjeswaterpas uitgegroeid tot het meest massale instrument dat de geodeet thans ter beschikking staat. Door het Deense Geodetisch Instituut werd in 1938 een hydrostatische waterpassing over de Grote Belt uitgevoerd met behulp van een geheel met water gevulde loden buis van ongeveer 20 km lengte en 10 mm diameter. De watermassa eindigde aan weerszijden in verticale peilglazen van 5,9 mm diameter. De waterspiegels in deze peilglazen liggen in hetzelfde niveauvlak (fig. 2) behoudens afwijkingen tengevolge van verschillen in dichtheid en luchtdruk aan de uiteinden van de buis. Na gebruik werd de buis weer gesmolten; dit instrument werd dus slechts eenmaal gebruikt.

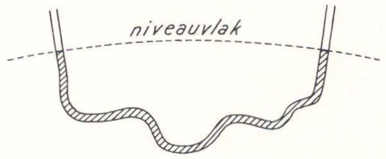


Fig. 2

Deze methode van waterpassen over zeearmen wordt sinds 1957 in Nederland regelmatig toegepast. Teneinde echter de loden buis meermalen te kunnen gebruiken is deze voorzien van een staaldraadarmering. De Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat beschikt over drie van dergelijke kabels, die aan elkaar gekoppeld een afstand van 6900 m kunnen overbruggen. (Vlieland–Terschelling). Het totaal gewicht van dit „instrument" is ongeveer 20 000 kg, waarmee het ongetwijfeld het zwaarste waterpasinstrument ter wereld mag worden genoemd. (fig. 3). In de Verenigde Staten, Noorwegen en Denemarken is de hydrostatische

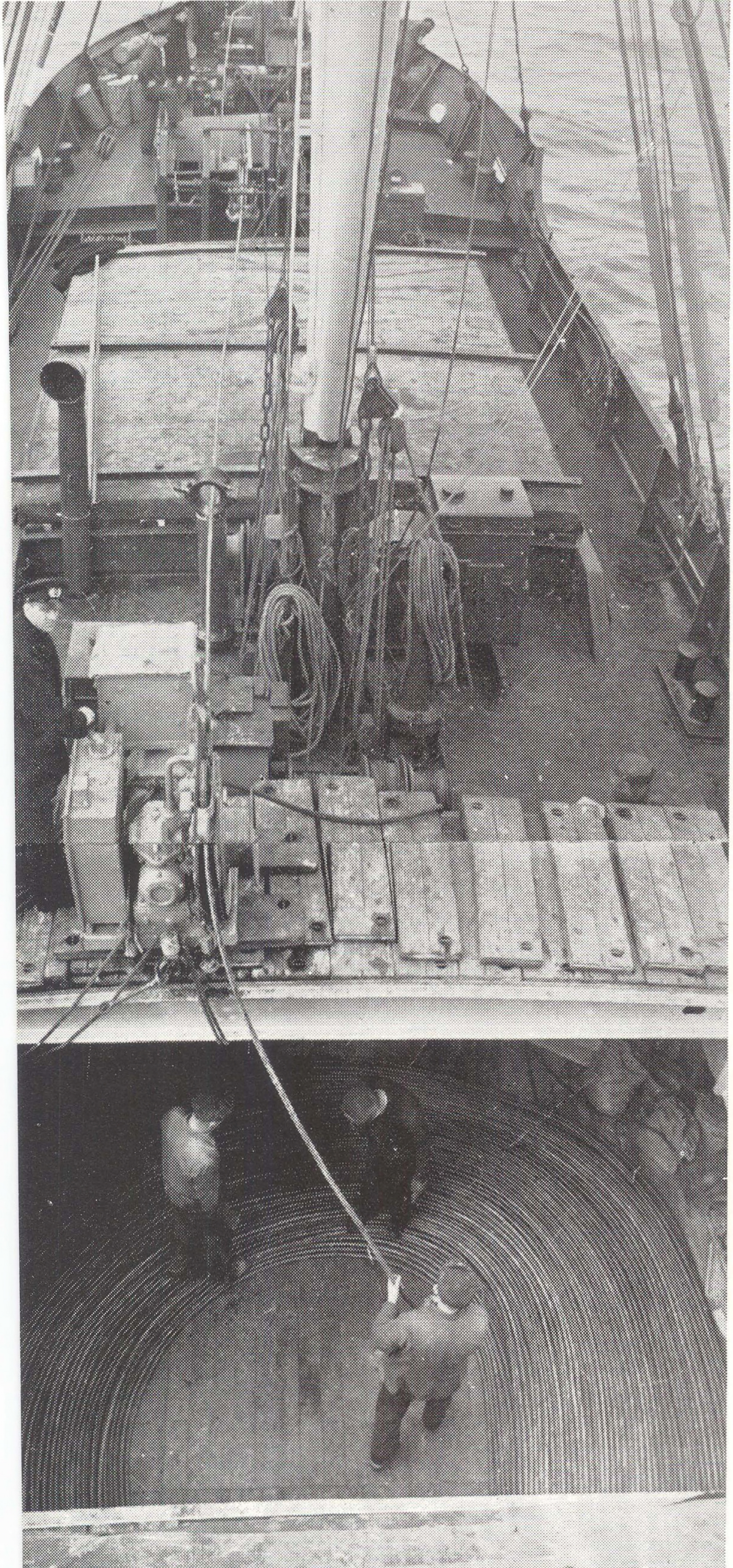


Fig. 3 Inhieuwen van de waterpaskabel door het Rijkskabelschip „Poolster”

methode toegepast voor bijzonder nauwkeurige metingen over korte afstand (100 à 200 m), waardoor getijbewegingen in de aardkorst konden worden aangetoond.

1.3 Een methode, die wat nauwkeurigheid betreft volkomen het tegendeel is van de voorgaande, is de barometrische hoogtemeting. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van in de natuur aanwezige niveauvlakken: men gaat uit van de veronderstelling dat de meetkundige plaats van de punten die eenzelfde luchtdruk hebben, een niveauvlak is. Deze veronderstelling vertoont in sterkere mate dezelfde gebreken als die betreffende een in de natuur aanwezig wateroppervlak. Het merkwaardige van deze methode is de „meetlat", welke men gebruikt om de hoogteverschillen te meten: men meet hier geen lengten doch het verschil van twee gewichten. Via een formule kan dan de hoogte (lengte) van de met dit verschil overeenkomende luchtkolom berekend worden. Het waterpasinstrument bij deze methode is dus een vlak van constante luchtdruk, terwijl de barometer de functie van baak vervult. Dit laatste instrument zullen we in 3.2 bij de hoogtemeting behandelen.

2 *Waterpassen door benadering van niveauvlakken*

2.1 Bij alle andere waterpasinstrumenten maken we meestal gebruik van slechts een zeer klein stukje niveauvlak in het instrument aanwezig (de horizonteerinrichting), welk stukje niveauvlak door „optische verlenging" een benadering levert van een werkelijk niveauvlak. Het flesjeswaterpas is wegens zijn afmetingen voor normaal veldgebruik ongeschikt; bovendien zijn de boven land optredende temperatuurverschillen een belemmering voor de nauwkeurigheid. De hydrostatische waterpassing is hierdoor een typisch tot het waterareaal beperkte methode.
Verkleint men echter het flesjeswaterpas tot een U-vormige glazen buis van ongeveer 40 cm, dan ontstaat een eenvoudig waterpasinstrument van de categorie die we in deze paragraaf willen bespreken. De verbindingslijn van de in de U-buis aanwezige waterspiegels is een klein stukje van een niveauvlak; door nu langs deze waterspiegels te kijken verlengt men optisch dit stukje niveauvlak. De aldus gedefinieerde lichtstraal is een raaklijn aan het niveauvlak, derhalve een benadering. (fig. 4). De fout, ontstaan door deze benadering, zal bij deze wijze van werken wel nauwelijks opgemerkt worden; hij is bovendien te elimineren

door de afstanden van het instrument tot de beide baken even groot te kiezen. We mogen dit instrument als vol-automatisch betitelen: het is immers niet nodig het instrument in te spelen en te regelen; dit is te danken aan het feit dat de horizonteerinrichting en de vizierinrichting geheel samenvallen. In de Duitse literatuur staat het instrument bekend als „Kanalwage". Om morsen te voorkomen werd het vaak in gesloten vorm (O-vormig) gebruikt onder de naam „geschlossene Kanalwage".

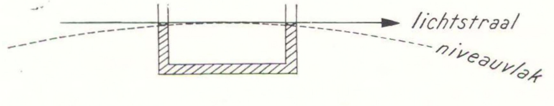


Fig. 4

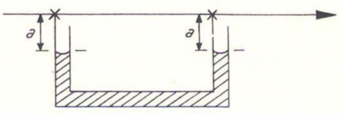


Fig. 5

2.2 Aangezien het kijken langs de waterspiegels bepaald geen grote nauwkeurigheid bij de optische verlenging toelaat, ligt het voor de hand het geschetste apparaat van een speciale vizierinrichting te voorzien. In zijn eenvoudigste vorm zal deze vizierinrichting bestaan uit twee diopters die vast aan de glasbuis zijn verbonden. Het is dan echter nodig op beide benen van de glasbuis, ongeveer ter hoogte van de waterspiegels, een streepje aan te brengen zodanig, dat de verbindingslijn van deze streepjes evenwijdig loopt aan de verbindingslijn van de diopters, de vizierlijn. (fig. 5). Dit is de zgn. regelingseis van het instrument. Het waterpassen met dit instrument kan nu pas plaats vinden, nadat het zodanig is opgesteld, dat de vloeistofspiegels in beide benen overeenkomen met de streepjes (eventueel aan weerszijden evenveel erboven of eronder). Deze handeling heet inspelen; doordat de vizierinrichting en de horizonteerinrichting (het water) geheel gescheiden zijn, is bij dit apparaat zowel regeling als inspeling noodzakelijk.

In de loop van de tijden hebben de horizonteer- en de vizierinrichting zich afzonderlijk ontwikkeld tot respectievelijk niveau- en richtkijker. Het niveau kan men zich ontstaan denken uit de gesloten „Kanalwage", indien deze zover met vloeistof is gevuld, dat beide vloeistofspiegels zich tot één verenigen. (fig. 6). De genoemde inspeelstreepjes vinden we ook op het niveau nog terug; bij gebruik van het niveauprisma volgens Wild zijn zij fictief geworden. De vizierinrichting heeft zich via de kijker met

uitschuifbare oculairbuis ontwikkeld tot de moderne richtkijker met centrale instellens. De optische micrometer die thans op elk nauwkeurigheidswaterpasinstrument voorkomt, moeten we meer als onderdeel van de baak dan behorend tot de kijker beschouwen.

2.3 Het aanbrengen van een vizierinrichting, vast verbonden aan de glasbuis, is eigenlijk niet de meest logische ontwikkeling van de „Kanalwage". Een fraaiere oplossing vinden we bijvoorbeeld in het instrument van de Engelsman KEITH (1790): in beide opstaande einden van een met kwik gevulde U-buis liggen drijvers, waarop diopters zijn aangebracht (fig. 7). De diopters definiëren een lijn evenwijdig aan de raaklijn aan het niveauvlak door de beide kwikspiegels, mits de afstanden van de diopters tot de kwikspiegels gelijk zijn. Bij dit apparaat is dus wel een regelingseis aanwezig, er behoeft tijdens het gebruik echter niet ingespeeld te worden. Een algemeen kenmerk van deze categorie is dat

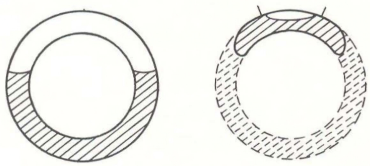


Fig. 6

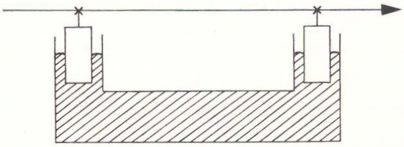


Fig. 7

de horizonteerinrichting en de vizierinrichting niet identiek zijn, doch wel in fysisch verband staan. Bij het instrument van Keith is dit verband het drijvend evenwicht van de diopterdragers in het kwik.
Tot deze categorie behoren ook enkele instrumenten waarbij geen vloeistof wordt gebruikt voor de horizonteerinrichting, bijvoorbeeld het slingerwaterpas (Duits: „Pendelwage"). Loodrecht op een cardanisch opgehangen loodstaaf is een vizierinrichting (meestal met diopters) aangebracht (fig. 8). Als de loodstaaf dus in de richting van de verticaal vrij hangt, zal de vizierlijn raken aan een niveauvlak, mits de hoek tussen vizierlijn en loodstaaf inderdaad 90° is (regelingseis). Het fysisch verband tussen horizonteer- en vizierinrichting is hier de starre verbinding tussen loodstaaf en diopters. Een dergelijk instrument bouwde PICARD in 1670.

De gevoeligheid voor wind zal wel het zwakke punt van deze instrumenten geweest zijn. HUYGENS construeerde daarom een houten kast om zijn waterpasinstrument. Dit instrument is beschreven in het Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, jrg. 1934 pag. 230. Een wat modernere oplossing vinden we bij het

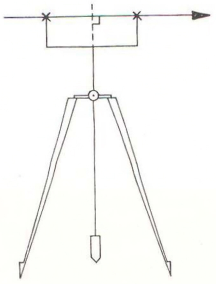


Fig. 8

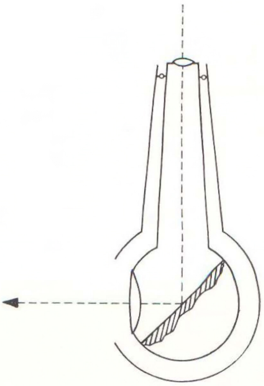


Fig. 9

Couturier Reflexions-Nivellir, o.a. beschreven in C. BOHN: „Die Landmessung" (1888). Een nabij het objectief 90° geknikte kijker is cardanisch opgehangen ter plaatse van het oculair (fig. 9). De vizierinrichting (kijker) dient hier dus tevens als loodstaaf, een bijzonder aardige vondst. Evenals bij HUYGENS worden windeffecten vermeden door een om het instrument gebouwde huls.

De moderne automatische waterpasinstrumenten behoren naar hun aard in deze zelfde categorie: er is wel regeling, doch geen inspeling nodig. In het optisch systeem van de kijker is de zgn. compensator opgenomen; bij het Zeiss-instrument een aan vier draden opgehangen spiegel. Indien de kijker een hellingsverandering *a* ondergaat, zal de spiegel een hellingsverandering *n*-maal *a* vertonen. Is de spiegel nu op een geschikte plaats in het optisch systeem aangebracht, dan zal hij de oorspronkelijke hellingsverandering van de vizierlijn juist weer teniet doen (compenseren). De vizierlijn is hierdoor onafhankelijk van kleine hellingsveranderingen van de kijker; door de kruisdraden in een bepaalde stand te brengen (regelen) zorgt men, dat deze onafhankelijke stand van de vizierlijn inderdaad een raaklijn aan een niveauvlak is.

Het bereik waarbinnen de compensator functioneert, is slechts gering als gevolg van de nauwkeurigheid waarmee het apparaat werkt. Daarom dient eerst een vrij ongevoelig niveau tot inspeling te worden gebracht, de compensator verzorgt daarna het „fijne werk". Zelfs in dit opzicht verschilt het moderne automatische instrument niet van zijn voorgangers: het apparaat van Keith kan men ook niet in elke willekeurige stand

plaatsen; het kwik zou er immers kunnen uitlopen. Het windeffect is zo goed als afwezig, doordat de compensator zich binnen het kijkerlichaam bevindt.
De oude automatische instrumenten misten vooral de nauwkeurigheid, welke met het normale waterpasinstrument (kijker plus niveau) bereikt kon worden. De automatische instrumenten van na 1950 behoeven in dit opzicht niet voor normale instrumenten onder te doen; zij verdringen zelfs in toenemende mate de normale nauwkeurigheidswaterpasinstrumenten.

3 *De hoogtemeting*
De voor metingen in de richting van de verticaal gebruikte instrumenten zijn baken en barometers.

3.1 *Baken.* Meestal houten latten met een schaalverdeling in cm of halve cm. Voor nauwkeurig werk is de verdeling vaak aangebracht op een strook invar (nikkelstaal met praktisch te verwaarlozen uitzettingscoëfficiënt). Een doosniveau is aanwezig om de baak in de richting van de verticaal te kunnen houden.

3.2 *Barometers.* Met de barometer wordt in beide te vergelijken punten het gewicht van de boven het punt aanwezige luchtkolom gemeten. Het verschil van deze gewichten is dan het gewicht van de luchtkolom tussen de niveauvlakken der beide punten. Men heeft verschillende typen barometers, die allen zijn terug te brengen tot het principe van de balans.
Bij de kwikbarometer wordt de druk van de luchtkolom in evenwicht gebracht met de hydrostatische druk in een kwikkolom, bij de aneroïde met de spankracht van een veer. In de statoscoop vergelijkt men de luchtdruk met de druk in een met gas gevuld vat dat op constante temperatuur wordt gehouden (gasveer). Een aardige oplossing vinden we in de kookbarometer, waarbij de temperatuur van kokend water (via de daaruit volgende dampspanning) een maat is voor de luchtdruk.

4 *Gecombineerde waterpassing en hoogtemeting met behulp van de theodoliet*
Met de theodoliet kan men hoeken meten:
a. in een vlak gaande door de verticaal van de standplaats (verticale

hoeken, waarvan men een been kan laten samenvallen met de raaklijn aan een niveauvlak);

b. in een vlak loodrecht op de verticaal van de standplaats (horizontale hoeken).

Zowel bij de trigonometrische hoogtemeting als bij de tachymetrie wordt de waterpassing tot stand gebracht met behulp van het niveau van de verticale rand. De hoogtemeting geschiedt steeds langs indirecte weg; men meet nl. geen lengte in de richting van de verticaal doch een verticale hoek *v* welke in combinatie met een afstand *a* (een lengte in een

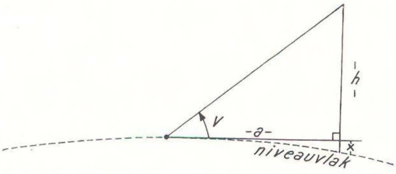


Fig. 10

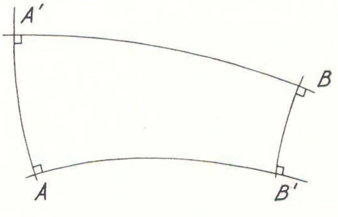


Fig. 11

horizontaal vlak) de gevraagde lengte *h* in de richting van de verticaal oplevert. (fig. 10). Zelfs de horizontale afstand *a* wordt bijna altijd indirect gemeten via een driehoeksconstructie uit een gemeten basis. Bij trigonometrische hoogtemeting is deze basis die van het lokaal of landelijk driehoeksnet; bij tachymetrie wordt de basis gevormd door de aflezing op een baak door middel van de afstandsdraden in de kijker. Indien deze methode wordt toegepast bij afstanden boven enkele kilometers is de afwijking *x* (zie fig. 10) tengevolge van de benadering van het niveauvlak door een raakvlak niet te verwaarlozen. Door de meting in beide punten uit te voeren tracht men de invloed van deze benadering te elimineren.

5 *De gravimeter*

Een gravimeter is noodzakelijk, omdat de in de inleiding geschetste opzet van waterpassen en hoogtemeten een principiële fout bevat. We definieerden nl. een hoogteverschil als een lengtemaat, terwijl we het ontbreken van hoogteverschil (waterpassen) definieerden als het hebben van dezelfde potentiaal (arbeidsvermogen). Beide definities zijn slechts

dan met elkaar in overeenstemming, indien de equipotentiaalvlakken tevens equidistant zijn. Als dit echter niet het geval is, wordt de grootte van het hoogteverschil van twee punten onzeker. Zie fig. 11; men kan waterpassen van A naar B', dan is het hoogteverschil volgens onze definitie BB'; men kan echter ook waterpassen van B naar A', dan zou het hoogteverschil AA' worden. Zijn AA' en BB' niet gelijk, dan blijkt dus het hoogteverschil afhankelijk van de gekozen waterpasroute.
In dit geval is echter de arbeid, nodig om de massa-eenheid van A naar B te brengen wel onafhankelijk van de gekozen route; we zouden dus onze hoogteverschillen niet moeten uitdrukken in lengtemaat maar in arbeid. Voor de berekening van deze arbeid is nodig kennis van de versnelling van de zwaartekracht langs de gekozen route (arbeid = massa × × versnelling × weg).
De behandeling van de gravimeter behoort in een ander hoofdstuk van dit boek. Overigens is kennis van de versnelling van de zwaartekracht overbodig indien men zich uitsluitend tot waterpassen zou beperken, dus een niveauvlak zou volgen. Daarom is in een vlak land als het onze de gravimeter voor de waterpassing en hoogtemeting van weinig belang.

ELEKTRONISCHE AFSTANDSMETING

DOOR IR. J. C. DE MUNCK

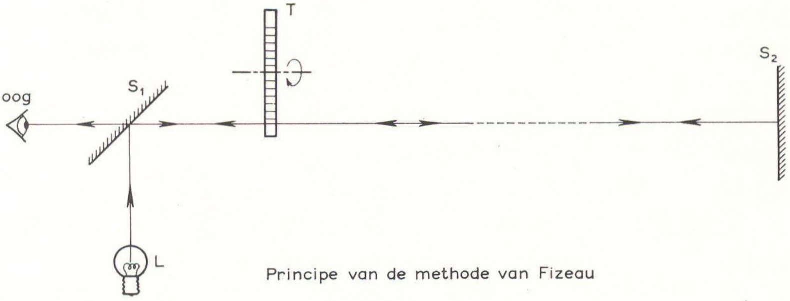
WETENSCHAPPELIJK HOOFDAMBTENAAR AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

Iemand die als buitenstaander hoort spreken over „landmeten", zal daarbij dikwijls het eerst denken aan het meten van afstanden. In werkelijkheid wordt echter, althans voor het opmeten van grotere gebieden, juist het bepalen van afstanden tot een minimum beperkt, niet zozeer omdat de afstandsmeting principiële moeilijkheden geeft, maar meer om praktische redenen. Het is steeds moeilijk een lengte van voldoende grootte nauwkeurig te reproduceren. Nauwkeurige meetbanden en draden zijn gewoonlijk niet langer dan 25 meter, zodat het meten van afstanden van vele kilometers een moeizaam werk is. Grote gebieden worden daarom sinds Snellius gewoonlijk opgemeten met behulp van een triangulatie, waarbij de afstandsmetingen bijna geheel vervangen zijn door hoekmetingen.

Hoeken zijn betrekkelijk goedkoop en in draagbare vorm reproduceerbaar, nl. als de randverdeling van een theodoliet. Dank zij de ontwikkeling van de elektronica zijn andere methoden praktisch bruikbaar geworden voor de geodeet. Bij deze methoden reduceert men afstandsmetingen tot tijdmetingen. Ook tijdsintervallen kunnen gemakkelijk met grote nauwkeurigheid ($1 : 10^6$ à $1 : 10^7$) gereproduceerd worden in een draagbaar apparaat, en wel met behulp van een zgn. kwartsoscillator. Dit reduceren van een afstandsmeting tot een tijdmeting is mogelijk als men een of ander „verschijnsel" over de onbekende afstand heen en weer laat lopen met een bekende snelheid. Uit de looptijd en de snelheid is de afstand eenvoudig te berekenen. Gelukkig bestaat er in de natuur een groep verschijnselen die zich met een zeer nauwkeurig bekende snelheid voortbewegen door de lucht, en wel de elektromagnetische golven die gebruikt worden in de vorm van licht en van radiogolven.

De methoden van afstandsmeten die op bovengenoemde wijze werken, worden gewoonlijk samengevat onder de weinig kenmerkende naam

„elektronische afstandsmeting". De grammaticaal minder volledige benaming „afstandsmeting met tijd" zou tekenender zijn, immers de elektronica heeft de methode alleen voldoende praktisch gemaakt voor de geodeet, terwijl de tijdmeting juist het kenmerk van de methode is. Na deze opmerking durven we ondanks het „elektronische" in de titel terug te gaan tot de eerste helft van de vorige eeuw en wel naar het jaar 1849, toen de Franse natuurkundige FIZEAU (1819–1896) voor het eerst de lichtsnelheid bepaalde aan de oppervlakte van de aarde. (Voordien was deze reeds astronomisch gemeten). FIZEAU mat de tijd die lichtgolven nodig hadden om heen en weer te lopen over een bekende afstand van ruim 8 km. Hij berekende de snelheid uit de tijd en de afstand. Zijn meting is dus in principe identiek aan onze afstandsmeting, alleen de berekening is juist andersom.



Principe van de methode van Fizeau

De methode van FIZEAU staat schematisch aangegeven in de figuur. Het licht van het lampje L wordt via een half doorlaatbaar spiegeltje S_1 tussen de tanden van een tandwiel T door geleid en loopt dan naar de vlakke spiegel S_2, die op grote afstand staat. Achter het spiegeltje S_1 kijkt men tussen de tanden van T door. Het tandwiel draait zeer snel, waardoor het licht vele malen per seconde onderbroken wordt. Als de lichtimpulsjes via S_2 teruggekeerd zijn op het tandwiel, dan is dit laatste al iets verdraaid. Indien het wiel een halve tandafstand verdraaid is zal men geen licht meer zien, omdat het lichtimpulsje juist door een tand tegengehouden wordt. Draait het wiel sneller zodat men weer licht ziet, dan is het wiel een tandafstand verdraaid in de tijd die het licht nodig had om

tussen T en S_2 op en neer te lopen. FIZEAU liet het wiel draaien met toenemende snelheid en bepaalde deze rotatiesnelheid op de momenten dat hij het licht zo goed mogelijk zag en op de momenten dat hij geen licht zag.

De meting van FIZEAU diende alleen om de bruikbaarheid van de methode aan te tonen. CORNU heeft omstreeks 1874 nauwkeurige metingen gedaan volgens de methode van FIZEAU.* Het tandwiel met bijbehorende apparatuur plaatste hij op de sterrenwacht te Parijs, waar een nauwkeurige tijdbepaling mogelijk was om de draaisnelheid van het wiel te meten. De spiegel stond op de toren van Montlhéry, 23,910 km ten zuiden van de sterrenwacht. Deze beide punten zijn gekozen in verband met de verschillende metingen waarbij zij betrokken zijn geweest, nl. metingen van de geluidssnelheid, bepaling van de meter als eenheid (een viermiljoenste deel van de aardomtrek) en geodetische metingen. CORNU zegt dan ook „Deze twee stations zijn in zekere zin klassiek en zij zijn verbonden met de meest roemruchte herinneringen uit de geschiedenis van de Franse wetenschap".

Enige technische details van deze metingen zijn interessant in verband met de moderne methoden:

Het tandwiel kon ruim 1600 omwentelingen per seconde maken en had 144 tot 200 tanden. Op een draaiende beroete trommel werden geregistreerd: ten eerste de tijd in millisecondes, afkomstig van de klok uit de meridiaanzaal, en ten tweede de omwentelingen van het tandwiel. CORNU liet het tandwiel afwisselend in snelheid toenemen of afnemen en nam de momenten waar dat het licht juist verdween en juist zichtbaar werd langs een tandflank. De metingen werden 's nachts uitgevoerd behalve een meting waarbij onder bijzonder gunstige weersomstandigheden zonlicht gebruikt kon worden. Het resultaat was $C = 300\,400 \pm 300$ km/sec.

Na dit uitstapje in de vorige eeuw zullen we zien dat de ontwikkeling van de elektronica niet alleen meer verfijnde metingen mogelijk heeft gemaakt, maar dat men ook handelbare instrumenten heeft weten te construeren.

Op het ogenblik zijn er slechts twee typen van instrumenten in gebruik,

---

* A. CORNU, Journal de Physique 2 (1873) 172–177 en 4 (1875) 104–111.

nl. de *geodimeter* en de *tellurometer*. Het eerste van deze twee sluit nauw aan bij de methode van FIZEAU.

Bij de geodimeter, die ontwikkeld is door E. BERGSTRAND, wordt het uitgezonden licht periodiek onderbroken met een zgn. Kerr-cel inplaats van met een tandwiel. Met zo'n Kerr-cel kan men licht naar wens tegenhouden of doorlaten door verschillende elektrische spanningen op de cel te zetten. De Kerr-cel werkt met zo'n kleine traagheid dat hij gemakkelijk 10^7 maal per seconde geopend en gesloten kan worden. We willen hierbij opmerken dat er behalve de Kerr-cel nog verschillende andere snelle „elektrische sluiters" bestaan.

Het teruggekaatste licht wordt bij de geodimeter niet met het oog waargenomen, maar met een fotocel die het licht omzet in elektrische spanningen. Deze fotocel (een zgn. fotomultiplicator) wordt in hetzelfde ritme als de Kerr-cel afwisselend (b.v. tienmiljoen maal per seconde) geopend en gesloten, zoals ook het tandwiel de teruggaande lichtweg afwisselend vrij laat en onderbreekt. De vertraging van de terugkomende lichtimpuls ten opzichte van de uitgezonden impuls wordt hier niet gemeten door variatie van de frequentie van de onderbrekingen (overeenkomend met een variatie van de draaisnelheid van het tandwiel van FIZEAU), maar door de onderbrekingen in de terugweg meetbaar te vertragen ten opzichte van die in de heenweg, met een elektrisch netwerk, en wel zo dat van ieder teruggekaatst lichtimpulsje juist de helft doorgelaten wordt. Deze vertragingen geven een maat voor de vertraging van het terugkomende lichtsignaal ten opzichte van de uitgezonden impuls, uitgedrukt in de tijd tussen twee onderbrekingen als eenheid. Deze tijd (b.v. 10^{-7} sec) is nauwkeurig bekend doordat de wisselspanningen die Kerr-cel en fotocel bedienen afkomstig zijn van een kwartskristal, dat als eigenschap heeft een zeer nauwkeurig constante frequentie af te geven.

In de eerste tijd van de ontwikkeling van de geodimeter heeft BERGSTRAND nog een ander systeem bedacht, waarbij aan beide uiteinden van de te meten afstand een volledig apparaat stond met lichtcel, Kerr-cel en fotocel. Kerr-cel en fotocel aan het ene uiteinde (hoofdinstrument) werden b.v. 10^7 maal per seconde geopend en gesloten, terwijl het tweede apparaat met een iets afwijkende frequentie (b.v. $10^7+\Delta$ perioden per sec) gestuurd werd. In dit neveninstrument ontstond uit deze frequenties de verschilfrequentie (Δ perioden per sec), welk signaal met behulp van een kleine radiozender teruggezonden zou worden naar het hoofdinstru-

ment. Het is op deze wijze inderdaad mogelijk om bij het hoofdinstrument de looptijd van het licht en daarmee de afstand te bepalen.
Het laatstgenoemde idee werd nader uitgewerkt in Zuid-Afrika ten behoeve van de driehoeksmeting. Hieruit ontstond de tellurometer die met zeer korte radiogolven (10 cm) werkt in plaats van met licht. De radiogolven hebben een aantal vóór- en nadelen vergeleken met lichtgolven: radiogolven kan men niet alleen variëren in sterkte, zoals licht door de Kerr-cel in sterkte gevarieerd wordt, maar men kan deze ook gemakkelijk in frequentie variëren (resp. amplitude- en frequentiemodulatie). Dank zij deze mogelijkheid is het idee van BERGSTRAND bij de tellurometer op buitengewoon elegante wijze verwezenlijkt. Radiogolven hebben verder het voordeel dat men betrekkelijk weinig last heeft van storende golven, in tegenstelling tot de hinder die de geodimeter van daglicht ondervindt. In verband hiermee behoeven radiogolven niet zo nauw gebundeld te worden als lichtgolven, waardoor de tellurometer ook niet nauwkeurig gericht behoeft te worden. Een stabiele opstelling is dan ook voor een tellurometer geen vereiste. Aan de andere kant moet gezegd worden, dat radiogolven niet nauwkeurig gericht kúnnen worden, wat een bron van onbetrouwbaarheid geeft door reflecties op de grond tussen de beide instrumenten.*
Van licht is de snelheid in de lucht iets beter bekend dan van radiogolven. De snelheid van licht hangt namelijk in hoofdzaak af van de temperatuur en de luchtdruk, de snelheid van radiogolven is echter bovendien vrij sterk afhankelijk van de vochtigheid.
De radiogolven hebben tenslotte het grote voordeel dat zij vrijwel niet gehinderd worden door mist, regen en sneeuw.

De lezer zal zich langzamerhand afvragen wanneer men deze ingewikkelde apparaten kan gebruiken.
De grote geodimeter (NASM 2) is bruikbaar voor het meten van afstanden van 20 à 40 km met een nauwkeurigheid van 3 tot 5 cm. De metingen moeten 's nachts geschieden bij goede meteorologische condities en met zeer stabiele opstellingen. Voor een volledige trilateratie

* Om de invloed van deze reflecties klein te houden meet men met radiogolven van verschillende golflengte. Men vindt dan aflezingen die om een gemiddelde waarde slingeren (dit slingeren wordt in het Engels „swing" genoemd). De gemiddelde waarde is in het algemeen vrij van reflectiefouten.

zal het instrument meestal niet voldoende praktisch zijn, maar wel voor basismetingen.
De kleine geodimeter (NASM 4) is bruikbaar voor nauwkeurige veelhoeken met zijden tot enkele kilometers en nauwkeurigheid 1 à 2 cm.
De NASM 3 ligt tussen deze beide instrumenten in.
De tellurometer is handelbaarder dan de geodimeter. Bij praktisch alle weersomstandigheden zijn goede metingen te doen. Daar de tellurometer zijn signalen uitzendt met een bundelbreedte van 15° geeft het richten van de instrumenten geen moeilijkheden, evenmin als de stabiliteit van de opstelling. De tellurometer is zeer geschikt voor trilateratie met zijden van 20 à 40 km met een vrij hoge nauwkeurigheid (20 à 30 cm) en geschikt voor paspuntsbepaling.
Al deze instrumenten moeten geometrisch vrij zicht of bijna vrij zicht hebben tussen de eindpunten van de meetlijn.

In verschillende gevallen kan de elektronische afstandsmeting veel besparing geven aan tijd en aan geld. Het is echter goed van te voren te denken aan de reparatiemogelijkheden. De elektronische instrumenten hebben nog altijd veel meer storingen dan theodolieten, maar de aflezingsmethoden zijn meestal eenvoudig. Voor deze metingen zal het meestal gemakkelijker zijn een elektronicus te leren meten dan een meettechnicus te leren repareren. Toch ziet het er gelukkig niet naar uit dat de geodeet minder nodig zou zijn. Integendeel, juist het naast elkaar bestaan van vele verschillende methoden maakt het opzetten van een meting tot een gevarieerd probleem, dat alleen met grote deskundigheid is op te lossen.

RADIOPLAATSBEPALING TEN BEHOEVE VAN KAARTERING

DOOR J. TH. VERSTELLE

HOOFD VAN DE RESEARCH AFDELING VAN HET
BUREAU HYDROGRAFIE VAN DE KONINKLIJKE MARINE

Gedurende de tweede wereldoorlog werden ten behoeve van de scheepvaart en luchtvaart een aantal systemen van radioplaatsbepaling ontwikkeld; het daarmede beoogde doel was het veilig stellen van de navigatie onder omstandigheden en op plaatsen waar andere hulpmiddelen ontbraken, dan wel door oorlogsomstandigheden niet gebruikt konden worden (b.v. gedoofde vuurtorens). De voor dergelijke toepassingen toen en ook thans nog te stellen nauwkeurigheidseisen zijn – van een geodetisch standpunt bezien – niet hoog.
Met enkele van de in die jaren ontwikkelde systemen kon echter een zodanige nauwkeurigheid bereikt worden, dat zij toepassing vonden voor doeleinden waarbij hogere eisen aan precisie gesteld werden. Als voorbeelden worden genoemd mijnenveegoperaties en luchtbombardementen. Weliswaar liet de werkelijk bereikte nauwkeurigheid nog te wensen over, doch reeds gedurende de oorlog werd ingezien, dat hier principiële en geheel nieuwe mogelijkheden lagen op het terrein van de geodesie en kaartering.
In 1945 werden de eerste proeven in die richting genomen met de toen bestaande en voor civiel gebruik vrijgegeven militaire apparatuur. De nauwkeurigheid kon geleidelijk worden opgevoerd, enerzijds door een zich uitbreidende kennis omtrent de wijze waarop radiogolven zich voortplanten, anderzijds door gebruik te maken van nieuwe vindingen op het gebied van de radiotechniek.
De geodetische resultaten werden zeer verspreid en daardoor onoverzichtelijk gepubliceerd. Misleidend heeft gewerkt dat weliswaar niet alle, doch wel vele publikaties van de hand waren (en dikwijls ook thans nog zijn) van of geïnspireerd werden door de fabrikanten. Daarbij werden en worden nog al eens mogelijkheden en nauwkeurigheden gesuggereerd,

welke in de praktijk niet bereikbaar zijn; met name dient men er op bedacht te zijn, dat sommige opgaven absolute nauwkeurigheden suggereren, waar slechts afleesnauwkeurigheden van de apparatuur bedoeld zijn.

De daardoor gewekte verwachtingen zijn in sommige opzichten te optimistisch en worden nog versterkt door de grote publiciteit welke gegeven is aan de met radio*navigatie* bereikte resultaten; voor *dit* doel voldoen inderdaad vele systemen aan de te stellen eisen.

Bij velen heeft zodoende de mening postgevat, dat opvoeren van de nauwkeurigheid ten behoeve van geodetisch werk slechts een kwestie zou zijn van verfijning van de radio-apparatuur. Nader zal blijken, dat de huidige stand van de radiotechniek een zodanige is, dat de wezenlijke beperkingen meer van fysische, dan van radiotechnische aard zijn.

Met betrekking tot landmeetkundige toepassingen verkeren vele radioplaatsbepalingssystemen dan ook heden ten dage nog in dezelfde positie, als die, waarin de fotogrammetrie zich tot vele jaren na de *eerste* wereldoorlog heeft bevonden. Vele publikaties suggereerden dat het zwaartepunt lag bij het vervaardigen van goede luchtfoto's en dat het landmeetkundige gebruik daarvan niet veel meer zou inhouden dan een op betrekkelijk eenvoudige wijze visueel, met behulp van eenvoudige instrumenten, dan wel rekenkundig aan elkaar voegen van series luchtfoto's. Slechts weinigen hebben van den beginne af aan de meetkundige problemen in hun volle omvang gesteld en naarmate de techniek van de uitwerkinstrumenten vorderde, bleken vele problemen van foutenvoortplanting en systematische fouten aanvankelijk onderschat te zijn.

Van de fotogrammetrie kan wel gezegd worden dat deze periode van onvoldoende inzicht in de totale problemen thans tot het verleden behoort. Van de radioplaatsbepalingssystemen kan dit heden ten dage nog maar in beperkte mate gezegd worden, aangezien de problemen en beperkingen nog in ruime kring onderschat en de mogelijkheden overschat worden.

Ondanks haar beperkingen, bieden radiosystemen een aantal nieuwe mogelijkheden en kunnen zij in sommige gevallen in de plaats treden van de conventionele methoden van terrestrische plaatsbepaling. Zoals bij ieder ander systeem, staat of valt de mogelijkheid van toepassing met de nauwkeurigheidseisen welke gesteld worden.

Denkt men in termen van kadastrale nauwkeurigheden, dan voldoet geen

enkel systeem aan de daaraan te stellen eisen. Men moet er zich echter wel voor hoeden de eisen onnodig hoog te stellen. Driekwart van het aard- en zeeoppervlak is nog niet of slechts uitermate schetsmatig in kaart gebracht en een kaartering van redelijke meetkundige nauwkeurigheid zou in zeer vele gevallen nog tot in een verre toekomst aan dringende eisen van praktisch gebruik voldoen.

Voor de oplossing van dit probleem van zo enorme omvang, kunnen radiosystemen van zeer groot nut zijn. In sommige gevallen zullen zij het probleem van de plaatsbepaling geheel kunnen oplossen en wel op eenvoudiger, sneller en minder kostbare wijze dan met terrestrische metingen mogelijk zou zijn. Gedacht moet ook worden aan de zeekaartering (niet alleen hydrografisch, doch ook voor zgn. off-shore oil exploration), waar buiten zicht van land geen enkele conventionele methode van plaatsbepaling een nauwkeurigheid levert, welke aan moderne eisen voldoet. In andere gevallen zal een voldoend nauwkeurige *detail*plaatsbepaling met behulp van radio niet altijd mogelijk zijn, doch zal men met groot voordeel gebruik kunnen maken van een bepaald radiosysteem, waarmede de lengten van driehoekszijden in een wijdmazige meetkundige grondslag zeer nauwkeurig gemeten kunnen worden.

Met betrekking tot de na te streven nauwkeurigheden dient ook gewezen te worden op het feit, dat voortgaande fouten bij een radiosysteem een zeer veel kleinere rol spelen dan bij terrestrische metingen; iedere radioplaatsbepaling is nl. sterk onafhankelijk van een vorige of volgende.

In de volgende paragrafen zullen de bestaande radio-surveysystemen nader besproken worden. Het zal daarbij blijken, dat geen enkel systeem aan *alle* door de gebruiker(s) te stellen eisen kan voldoen. Zoals ook op ander gebied het geval is: men kan nu eenmaal geen eenvoudige nijptang ontwikkelen die tegelijkertijd een ideale hamer is.

De keuze van een radioplaatsbepalingssysteem zal dus afhangen van de te stellen eisen en zal ook bijna altijd een compromis moeten zijn tussen een aantal tegenstrijdige wensen en mogelijkheden.

De voornaamste systemen zijn in de U.S.A. en in Engeland ontwikkeld; de technische gebruiksaanwijzingen zijn dan ook steeds in het Engels gesteld. Om die reden – en ook omdat bepaalde begrippen zich nauwelijks lenen voor vertaling in het Nederlands – wordt in dit artikel gedeeltelijk gebruik gemaakt van Engelse benamingen.

2 *Algemene opmerkingen*

De aan radioplaatsbepalingssystemen verbonden problemen zijn omvangrijk en veelzijdig.

In de eerste plaats moet beschikt worden over gespecialiseerde radiozenders en -ontvangers. De radiotechniek ligt echter te zeer buiten het terrein van de landmeter om anders dan zeer summier behandeld te kunnen worden. De gebruiker (geodeet) dient slechts in grote trekken op de hoogte te zijn van de radiotechnische mogelijkheden en beperkingen van de apparatuur, met andere woorden hij dient te weten wat wel en wat niet mogelijk is en op welke wijze hij fouten kan ontdekken. Het opheffen van eventuele fouten en het in goede conditie houden van de radio-apparatuur, dient steeds de taak te zijn van een radiotechnicus.

In de inleiding is reeds opgemerkt, dat de radiotechniek dusdanig ver gevorderd is, dat de wezenlijke beperkingen liggen in fysische oorzaken, d.w.z. in oorzaken welke men zou kunnen samenvatten als „vervorming" van de door de zenders uitgestraalde informatie op de weg tussen zender en ontvanger; deze vervorming is bepalend voor de bereikbare nauwkeurigheid. Ook op dit gebied zijn de problemen omvangrijk, gecompliceerd en veelzijdig. Zij kunnen echter in voldoende mate gepopulariseerd worden om de gebruiker (geodeet) een redelijk inzicht te geven in de voorwaarden waaraan voor bepaalde toepassingen voldaan moet worden.

Een volledige (populaire) beschrijving van alle aspecten waarmede de gebruiker rekening moet houden zou de voor dit artikel beschikbare plaatsruimte verre overschrijden; de in de volgende paragrafen te geven beschrijvingen zullen zich dan ook moeten beperken tot het aanstippen van de hoofdzaken.

Voor een juist gebruik van een radio-kaarteringssysteem is doorlopende samenwerking tussen een goede radiotechnicus en een ter zake ingewerkte geodeet een absolute vereiste. Voor sommige toepassingen van beperkte aard en omvang kan het voorkomen dat de radiotechnicus niet permanent aanwezig behoeft te zijn.

3 *Indeling van de systemen*

De verschillende systemen worden – naar hun toepassing – in twee hoofdgroepen ingedeeld:

A. Ten behoeve van navigatie van schepen en vliegtuigen.
B. Ten behoeve van kaartering en ander precisiewerk.

Alleen groep B zal hier besproken worden; de systemen in deze groep zijn als regel ontwikkeld uit die in groep A.

Naar de aard van de gemeten grootheden, dient onderscheid gemaakt te worden tussen:

I. Systemen waarbij afstanden gemeten worden.
II. Systemen waarbij afstandsverschillen gemeten worden.
III. Systemen waarmede een azimuth bepaald wordt.
IV. Systemen waarmede een hoek gemeten wordt.

De plaats van de waarnemer ten opzichte van in coördinaten bekende zenders, kan bepaald worden uit:

1. Twee of meer afstanden.
2. Twee of meer afstandsverschillen.
3. Twee of meer azimuths.
4. Twee of meer hoeken.
5. Combinaties van de bovengenoemde mogelijkheden.
6. Combinaties van de bovengenoemde mogelijkheden met één of meer, niet langs radiografische weg verkregen, andere meetkundige plaatsen.

Op een bolvormige aarde levert sub 1 cirkels als meetkundige plaatsen, sub 2 levert sferische hyperbolen en sub 3 grootcirkels. (In werkelijkheid dient echter bij enigszins grote projecten rekening gehouden te worden met de ellipsoïdevorm van de aarde.)

Ingedeeld naar de soort van radio-informatie, onderscheidt men:

a. Impuls-systemen.

Met behulp van een daartoe geschikte zender/ontvanger wordt ter plaatse van de waarnemer zowel het moment van uitzenden van een korte impuls radio-energie, als het moment van ontvangst van de echo van een in coördinaten bekend punt geregistreerd. Uit het tijdsverloop tussen die twee indicaties en de bekende voortplantingssnelheid van de radiogolven, volgt dan de afstand waarnemer–object.

Dergelijke systemen worden *primair* genoemd als de door het object gereflecteerde energie ontvangen wordt; die energie kan verhoogd worden door het object een geschikte vorm te geven (b.v. radar-reflector).

De aldus terug ontvangen energie is echter op enigszins grote afstand zeer

gering, hetgeen de nauwkeurigheid van de meting van de looptijd ongunstig beïnvloedt. Tevens is geen identificatiemogelijkheid van het object aanwezig, waardoor de kans aanwezig is dat men de looptijd ten opzichte van een „verkeerd" object meet, zonder zich daarvan bewust te zijn.
Voor kaarteringsdoeleinden maakt men dan ook vrijwel steeds gebruik van *secundaire* systemen. Op het punt waarnaar men de afstand wil meten, wordt daartoe een zgn. antwoordbaken (responder) opgesteld. Deze responder wordt door het van de waarnemer komende signaal „getrig- gerd" en zendt daarna – al of niet op dezelfde golflengte – een impuls uit welke door de waarnemer ontvangen wordt. Deze methode levert zowel een identificatiemogelijkheid, als een veel sterkere „echo". Een antwoordbaken werkt uiteraard met een zekere vertraging, doch deze kan bepaald worden en als een (binnen aanvaardbare grenzen) vaste correctie worden aangebracht.
Deze systemen zijn in beginsel slechts geschikt voor „single party use". Meerdere gebruikers zouden weliswaar om beurten de responder kunnen oproepen (time sharing), doch dit wordt radiotechnisch vrij gecompliceerd en schept de mogelijkheid dat een van de waarnemers een signaal registreert dat voor een andere waarnemer bedoeld is. „Multi party use" is uiteraard wel mogelijk als *alle* zenders en responders op verschillende golflengten werken. Niet alleen is dit een uitermate kostbare oplossing, doch in feite is dit geen „multi party use", doch „single party use".
De bovengenoemde systemen werken afwisselend met twee – in coördinaten bekende – responders. De plaats van de waarnemer wordt dan bepaald door de snijding van twee afstandcirkels.
In de groep van impulssystemen kan men echter ook alleen impulsen laten uitzenden door twee in coördinaten bekende zenders. Het tijdsverschil tussen de ontvangst van de beide impulsen levert dan een hyperbolische radiopositielijn. Handhaaft men een vaste synchronisatie tussen de beide zenders, dan produceren die zenders een in de ruimte stilstaand patroon van hyperbolische radiopositielijnen.
De waarnemer beschikt slechts over een voor het meten van tijdsverschillen geschikte ontvanger en niet over een zender, zodat bij een dergelijk systeem het aantal gebruikers onbeperkt is.
Een tweede combinatie van twee zenders (waarvan meestal één gemeenschappelijk met het eerst genoemde paar) levert een tweede hyperbo-

lisch patroon en de plaats van de waarnemer is vastgelegd door twee elkaar snijdende hyperbolen.

b. Systemen welke op continu uitgestraalde golven berusten.

Indien twee zenders elk een continue golf uitstralen, dan produceren zij een interferentiepatroon, waarin het faseverschil constant is op hyperbolische radiopositielijnen. Bij ten opzichte van elkaar gesynchroniseerde (in de pas lopende) zenders behoudt een dergelijk hyperbolisch patroon een vaste stand in de ruimte. Een tweede paar zenders – waarvan meestal één gemeenschappelijk met het eerste paar – levert een tweede stel radiopositielijnen en uit de snijding van beide volgt de plaats van de waarnemer.

Men kan dit faseverschil meten op de uitgestraalde draaggolven, dan wel op daarop gemoduleerde golven; de voor- en nadelen van ongemoduleerde, dan wel van gemoduleerde golven zullen later worden besproken.

De hierboven beschreven systemen kunnen door een onbeperkt aantal waarnemers gebruikt worden.

Er bestaan ook andere uitvoeringen, waarbij de bovengenoemde gemeenschappelijke zender geplaatst is op het schip waarop, of in het voertuig of vliegtuig waarin de waarnemer zich bevindt. Bij die uitvoering veranderen de faseverschillen met de andere twee vast opgestelde zenders als de waarnemer zich verplaatst. De door de waarnemer met een speciale radio-ontvanger gemeten faseveranderingen zijn een maatstaf voor de afstandsveranderingen tot de beide vast opgestelde zenders.

Laatstgenoemde systemen zijn uiteraard alleen geschikt voor single party use en leveren cirkelvormige patronen.

De bestaande radio-kaarteringssystemen berusten op één van de beide beginselen a. of b., doch in technische uitvoering bestaan zoveel variaties, dat zij in vele gevallen in meer dan één van de bovengenoemde groepen I tot IV en 1 tot 6 kunnen worden ondergebracht.

4 *Beschikbare ruimte in het frequentiespectrum*

Het gebruik van radio voor verschillende civiele en militaire doeleinden heeft reeds lange tijd een zodanige omvang aangenomen, dat een internationale verdeling van de beschikbare frequenties noodzakelijk is.

In hoogste instantie wordt dit geregeld door organen welke ressorteren onder de International Telecommunications Union (I.T.U.) te Genève.

Deze verdeling is zeer moeilijk, omdat de in het frequentiespectrum beschikbare ruimte kleiner is dan de vraag naar frequenties.
Het gebruik van een radiofrequentie is slechts toegestaan met vergunning van de nationale regering (P.T.T.), welke van de I.T.U. bepaalde frequenties ter verdeling krijgt toegewezen. Aan een dergelijke zendvergunning is de voorwaarde verbonden, dat nóch in eigen land, nóch in andere landen storingen van andere zenders veroorzaakt worden; stoort een zender een andere zender, waaraan de frequentie eerder werd toegewezen, dan wordt de vergunning ingetrokken.
Het zal duidelijk zijn, dat men in het algemeen dient te streven naar zenders met een zo gering mogelijke bandbreedte en zo gering mogelijk vermogen; dit laatste verkleint de storingskans in nabuurlanden en opent de mogelijkheid dezelfde radiofrequentie in meer landen te gebruiken.
In het algemeen gesproken, bestrijken impulssystemen een (zeer) brede band, systemen op continue *on*gemoduleerde golf een (zeer) smalle band, welke band aanzienlijk breder moet zijn als continue gemoduleerde golven gebruikt worden.
Om deze – en andere nader te noemen – redenen zijn systemen op continue ongemoduleerde golf (d.w.z. uitsluitend draaggolf) in het voordeel wat betreft het verlenen van een zendvergunning.
Opgemerkt dient te worden, dat alleen Decca zenders (continue, ongemoduleerde golf) ondergebracht kunnen – niet: behoeven te – worden in een uitsluitend voor dat systeem internationaal gereserveerde band.
Alle andere surveysystemen werken op frequenties welke men in bepaalde gevallen wellicht toegewezen kan krijgen, doch waarop men geen „recht" kan doen gelden. In gebieden met niet al te intensief radioverkeer is vrijwel steeds de benodigde ruimte beschikbaar, doch dan meestal op grond van het feit, dat de gevraagde frequenties wel reeds in beginsel internationaal voor een ander doel zijn gereserveerd, doch in het betrokken land voor dat doel (nog) niet in gebruik zijn.
In de gebieden met zeer intensief radioverkeer (Europa en U.S.A.) is het reeds enige malen voorgekomen, dat voor een surveysysteem aangevraagde frequenties moesten worden geweigerd, doch ook – wat veel ernstiger is – dat gevraagde frequenties verleend werden en na korte tijd op grond van klachten van nabuurlanden weer moesten worden ingetrokken, met als gevolg dat het kostbare systeem buiten gebruik moest worden gesteld of door een ander worden vervangen.

Het vereiste zendvermogen is afhankelijk van verschillende – nader te noemen – factoren. Eén daarvan is de afstand welke men wenst te overbruggen; afgezien van andere factoren, neemt het benodigde zendvermogen toe evenredig met het kwadraat van de afstand. Hogere benodigde zendvermogens vergroten dus de kans dat de frequenties niet verleend kunnen worden.

Los van allerlei andere overwegingen bij de keuze van een systeem, dienen de radiofrequenties waarop het systeem werkt, dus voor ieder bepaald geval, een zeer ernstig punt van overweging te zijn.

5 *Voortplantingseigenschappen van radiogolven*

Dit uitermate gecompliceerde probleem kan hier slechts zeer summier behandeld worden.

Radiogolven zijn – evenals lichtgolven – elektromagnetische trillingen. Zij hebben de algemene eigenschap, dat zij zich in het luchtledige rechtlijnig en met constante snelheid C voortplanten; de internationaal (1957) aangenomen waarde is $C = 299792{,}5 \pm 0{,}4$ km/sec.

In de aardse atmosfeer is de voortplantingssnelheid V kleiner dan C, is V bovendien in het algemeen niet constant en is de voortplanting niet rechtlijnig. V, zowel als de kromming zijn functies van de elektrische eigenschappen van de atmosfeer en van het terrein waarover de golven zich voortplanten (diëlektrische constante ε en elektrisch geleidingsvermogen σ), van de meteorologische factoren welke de brekingsindex N bepalen, van turbulentie in de atmosfeer en van de radiofrequentie f.

Aangezien het bij een surveysysteem gaat om het bepalen van afstanden of afstandsverschillen, moeten zowel V als de kromming van de baan binnen voor het doel aanvaardbare grenzen bekend zijn. Om praktische redenen werkt men steeds met een mathematisch model, waarin de meest waarschijnlijke waarden van V en baankromming als constant worden aangenomen. Alle afwijkingen ten opzichte daarvan als gevolg van de bovengenoemde factoren, worden dan als „anomalieën in de voortplanting" beschouwd en later als correcties ingevoerd.

De radiofrequentie f wordt steeds opgegeven als het aantal trillingen (= cycles = hertz) per seconde; de gebruikelijke afkortingen zijn:

10^3 c/s = 1 kilocycle/sec = 1 kc/s (= 1 kilohertz).

10^6 c/s = 1 megacycle/sec = 1 Mc/s (= 1 megahertz).

Onder de golflengte λ verstaat men de afstand tussen twee opeenvolgende golftoppen. Het verband tussen de golflengte, de frequentie en de voortplantingssnelheid is gegeven door de formule $\lambda = \frac{V}{f}$. In deze formule is f de enige grootheid welke nauwkeurig gemeten kan worden. Aangezien V in het algemeen geen constante grootheid is, is dus ook λ variabel. Het is dan ook juister om de elektromagnetische trillingen te onderscheiden naar hun frequentie en niet naar hun golflengte.

Voor de voortplanting van radiogolven in een aardse atmosfeer van normale samenstelling – aangeduid als de *standaardatmosfeer* – gelden de volgende vuistregels:

1. De kromming van de baan is sterker, naarmate de frequentie lager is (golflengte groter).

   Voorbeelden: lichtgolven: kromtestraal baan $\approx$ 7 $\times$ aardstraal
   centimeter- en metergolven $\approx$ 6 à 4 $\times$ aardstraal
   hectometergolven $\approx$ 3 à 1 $\times$ aardstraal
   kilometergolven $\approx$ 1 $\times$ aardstraal

2. Reflecties treden op tegen voorwerpen met een afmeting van dezelfde orde van grootte of groter dan λ.

   Analogie: door wind in een sloot veroorzaakte golven zullen rond een in het water geplaatste stok ($<\lambda$) heen spoelen en niet merkbaar gereflecteerd worden; een ongeveer loodrecht op de golfrichting geplaatste plank ($>\lambda$) zal de golven reflecteren, het golfpatroon plaatselijk verstoren en lij veroorzaken achter de plank.

3. De door de zender uitgestraalde energie neemt af met het kwadraat van de afstand en bovendien met een factor welke afhankelijk is van de frequentie f. Het verlies met de afstand is op de hogere frequenties veel groter dan op de lagere.

De uit deze vuistregels volgende algemene conclusies zijn:

a. Voor het overbruggen van grote afstanden zijn alleen de lage frequenties (lange golven) geschikt.

b. Reflecties door aardse voorwerpen kunnen alleen vermeden worden bij gebruik van lage frequenties.

c. Reflecties door aardse voorwerpen kunnen alleen verkregen worden met behulp van hoge frequenties (b.v. radar).

d. Voor het overbruggen van grote afstanden zijn sterke zenders nodig en wel sterker, naarmate de frequentie hoger is.

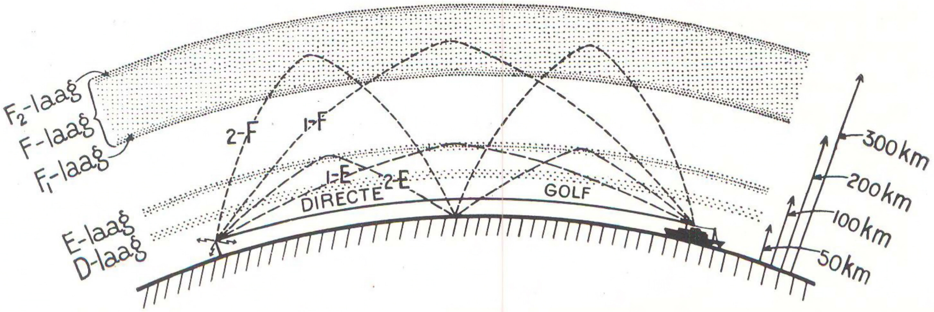


Fig. 1

Ten aanzien van a. wordt opgemerkt, dat grote afstanden eveneens overbrugd kunnen worden met lage en middelhoge frequenties, en wel door gebruik te maken van reflecties tegen de verschillende lagen van de ionosfeer; zie fig. 1.

Reflecties hebben tot gevolg dat de uitgestraalde informatie de ontvanger bereikt langs twee of meer verschillende wegen. Door veranderingen in de ionisatietoestand van de verschillende lagen, hebben alle reflecties een min of meer onstabiel karakter. Met een enkele uitzondering, is de ontvanger niet in staat onderscheid te maken tussen directe en gereflecteerde (sky wave) golven en wordt zodoende een variabele resultante gemeten of geregistreerd. Het is onmogelijk de gezochte afstand (= de lengte van de door de directe golf afgelegde weg) daaruit met enige dragelijke nauwkeurigheid af te leiden.

Dit soort reflecties treedt niet op bij centimeter-, decimeter- en metergolven; deze zijn echter niet geschikt om lange afstanden op zeeniveau te overbruggen, aangezien zij zich nagenoeg rechtlijnig voortplanten.

De reflectieverschijnselen treden des nachts in sterkere mate op dan overdag.

Voor surveysystemen, waarbij uiteraard zo groot mogelijke nauwkeurigheid nagestreefd wordt, dient men zich dan ook te beperken tot afstanden, waarop de sky wave nog geen merkbaar effect heeft.

De volgende gegevens zijn bedoeld om een globaal inzicht te geven in de afstanden welke met een surveysysteem kunnen worden overbrugd. Bij het op rond 100 kc/s ($\lambda \approx 3000$ m) werkende Decca-systeem is het effect van sky wave *overdag* verwaarloosbaar klein tot op afstanden van 400 à 450 km; des nachts wordt het effect voor surveydoeleinden onaanvaardbaar

groot op afstanden van 70 à 100 km tot een zender. Bij systemen welke op rond 2 Mc/s werken ($\lambda \approx 150$ m) zullen bovengenoemde afstanden zowel overdag als des nachts iets kleiner zijn; bij het gebruik van zeer lage frequenties (10 à 14 kc/s) zijn die afstanden aanzienlijk groter, doch die frequenties zijn om verschillende redenen niet geschikt voor survey-systemen.
Naast V speelt uiteraard ook de baankromming een rol bij het herleiden van de gemeten afstand tot de gezochte ellipsoïde-afstand. Reeds is vermeld, dat die kromming in hoge mate afhankelijk is van f. De kromming is uit overwegingen van theoretische aard met redelijke nauwkeurigheid te berekenen en is – vooral op de lagere frequenties – weinig gevoelig voor veranderingen in de meteorologische toestand.
Zoals reeds is opgemerkt, is V een functie van de diëlektrische constanten ε en de elektrische geleidingsvermogens σ van de atmosfeer en van het terrein waarover de radiogolven zich voortplanten, van de atmosferische brekingsindex N, van turbulentie in de atmosfeer en van f. De turbulentie en N zijn alleen van praktisch belang bij de zeer hoge frequenties welke b.v. bij Shoran en Hiran en nog meer bij de tellurometer en Hydrodist gebruikt worden.
In het kader van dit artikel kan slechts een korte beschouwing gewijd worden aan de voornaamste parameters, zijnde f en het elektrisch geleidingsvermogen van de grond σ.
σ wordt gewoonlijk uitgedrukt in electro-magnetic units (e.m.u.). Bepalend voor energieverliezen – en daardoor ook voor V – is de diepte tot waarop nog energie uit de golf geabsorbeerd wordt. Blijkens onderstaande tabel is dit sterk afhankelijk van f, zowel als van σ.

f	penetratie in meters				
	$\sigma = 5 \times 10^{-11}$ 1)	$\sigma = 10^{-13}$ 2)	$\sigma = 5 \times 10^{-14}$ 3)	$\sigma = 10^{-14}$ 4)	$\sigma = 10^{-15}$ 5)
10 kc/s	2	50	115	150	300??
100 kc/s	0,7	15	40	50	100??
3 Mc/s	0,2	5	13	17	35??
10 Mc/s	–	2	7	9	20??

1) zeewater; 2) moeras; 3) polderland; 4) droge grond; 5) droog woestijnzand en kale rots.

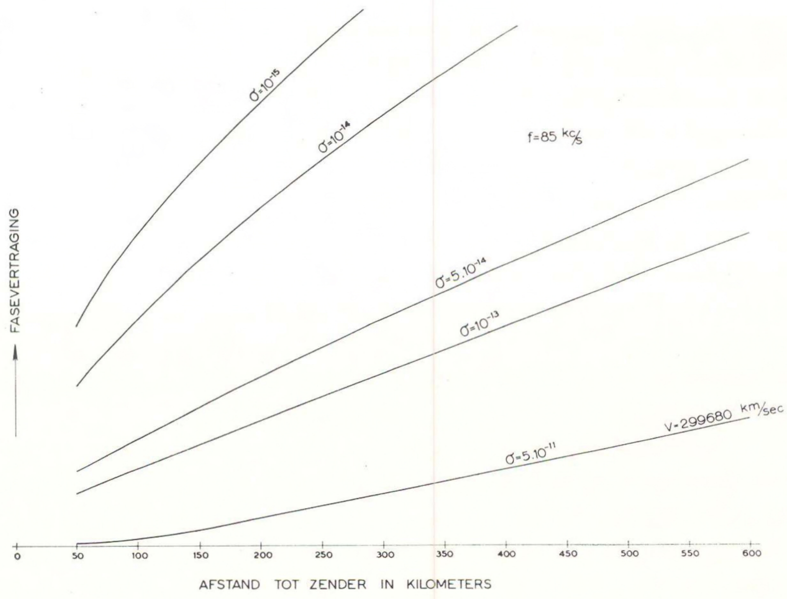


Fig. 2

V is afhankelijk van *f*, σ en de afstand. Als voorbeeld wordt in fig. 2 de fasevertraging gegeven voor $f = 85$ kc/s (Decca Master station), voor verschillende waarden van σ en voor afstanden van 50 tot 600 km tot de zender. Verloopt de fasevertraging lineair met de afstand, dan is dit in de figuur aangegeven door een rechte, wat dus een constante *V* betekent. Uit fig. 2 blijkt duidelijk, dat *V* bij benadering constant is voor sigma's tussen 5×10^{-11} (zeewater) en 5×10^{-14} (polderland) zodat in die gevallen het mathematisch model (waarin een constante *V* gebruikt wordt) een redelijke benadering is van de werkelijkheid en slechts kleine correcties behoeft.

Voor slechter geleidende grond blijkt *V* kleiner te zijn en sterk variabel met de afstand, zodat grote verschillen met het model ontstaan. Kent men σ nauwkeurig, dan zouden ook in die gevallen betrouwbare correcties kunnen worden toegepast. Helaas is σ zelden met voldoende nauwkeurigheid bekend. Voor sommige Europese landen bestaan σ-kaarten, welke meestal zijn samengesteld uit metingen op rond 2 Mc/s, d.w.z. dat de sigma's gelden voor een laagdikte zoals in de tabel is aangegeven.

De voor b.v. Decca-golven ($\approx$100 kc/s) geldende σ kan uit die kaarten nauwelijks afgeleid worden, aangezien de structuur van de diepere lagen meestal niet bekend is. De moeilijkheden nemen nog in hoge mate toe, omdat σ van plaats tot plaats verandert en de grond niet over het gehele traject homogeen is, zoals de krommen in fig. 2 veronderstellen.
In de gebieden buiten Europa, waar de meeste behoefte is aan elektronische surveysystemen, is σ geheel onbekend en – vooral voor de lagere frequenties en de slechte geleidingsvermogens – vanwege de grote penetratiediepte ook niet te schatten aan de hand van de zichtbare oppervlaktegesteldheid.
Op dit gebied liggen de werkelijke beperkingen van de radio-surveysystemen.
Zou men een figuur van het type van fig. 2 tekenen voor de hogere frequenties, dan zou blijken dat V minder kritisch is, zowel voor f en σ als voor de afstand. Op grond daarvan zou men dus de voorkeur moeten geven aan systemen welke op de hogere frequenties werken, ware het niet, dat daartegen een overwegend bezwaar van andere aard bestaat, tenminste als men het systeem voor kaartering te land wil gebruiken. Frequenties tussen 1 en 10 Mc/s (en in nog sterkere mate de hogere frequenties) verliezen over land nl. snel energie met de afstand. Vooral onder de bomen in een tropisch bos verliezen zij reeds op korte afstand zoveel energie, dat de overblijvende veldsterkte niet genoeg meer is om de ontvanger te bekrachtigen. Alleen de frequenties rond 100 kc/s (b.v. Decca) dringen zonder noemenswaardig verlies onder de bomen door, zodat laatstgenoemde systemen de enige mogelijkheid vormen voor radiokaartering te land.
Gaat het dan om σ's niet slechter dan 5×10^{-14}, dan kunnen goede resultaten (betrouwbare V's) verwacht worden, doch als het geleidingsvermogen slecht is, bestaat steeds grote onzekerheid omtrent V. Er zijn extreme gevallen bekend, waarin V achteraf tot 0,3% bleek te verschillen met de op grond van elders opgedane ervaring meest waarschijnlijk geachte waarde.
Opgemerkt wordt nog, dat voor zeekaartering ($\sigma = 5 \times 10^{-11}$) alle frequenties tussen 100 kc/s en 10 Mc/s uit hoofde van voortplantingseigenschappen min of meer gelijkwaardig zijn; geen van alle dringt diep in het water door en de vrijwel constante elektrische eigenschappen van de bovenste waterlaag maken, dat ook V binnen nauwe grenzen constant blijft.

Later zal blijken, dat er nog andere factoren zijn, welke bepaalde frequenties verkieselijker maken dan andere.

6 *Radiotechnische mogelijkheden en beperkingen*

Met uitzondering van het onder 10.10 te noemen Canadese hoekmeetsysteem, bestaat de gezochte informatie uit afstanden (cirkelvormige radiopositielijnen) of afstandsverschillen (hyperbolen). Radiotechnisch kan deze informatie op twee, in beginsel verschillende, manieren verkregen worden.

Impuls-systemen

De meting is steeds een tijdmeting, welke met de bekende of aangenomen voortplantingssnelheid wordt omgezet in een afstand.

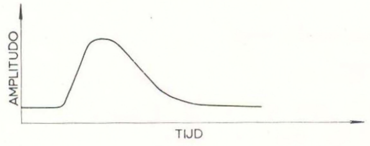


Fig. 3

Een impuls radio-energie beslaat steeds een zekere tijdsduur; korte impulsen zijn het meest geschikt voor nauwkeurige metingen en kunnen alleen op de kortere golflengten geproduceerd worden. Een radio-impuls, ontvangen op een oscillograaf, heeft de vorm van fig. 3 („pip"). De meting bestaat vrijwel steeds uit het elektronisch verschuiven van één pip, totdat die samenvalt met de andere. Zijn deze pips gelijk en gelijkvormig, dan kan het tot samenvallen brengen zeer nauwkeurig geschieden. De praktische werkelijkheid is dat de beide van de zenders komende impulsen op hun weg naar de ontvanger ongelijksoortige wegen volgen van meestal ongelijke lengte en daardoor ongelijk vervormd worden en van ongelijke amplitude zijn. Men tracht aan die moeilijkheid tegemoet te komen door de stijgende (linker) flank zo steil mogelijk te maken; hoe steiler die flank is, des te minder kritisch is de amplitude van de pip. Dit kan alleen geschieden ten koste van een vergroting van de bandbreedte van de zender. Een verdere verbetering is mogelijk door in de ontvanger een variabele versterking (gain) van de amplitude toe te passen. Hierdoor is Hiran nauwkeuriger dan Shoran.

Fasevergelijk-systemen

De eigenlijke maatstaf is hier de golflengte of halve golflengte, dan wel in graden faseverschil uitgedrukte onderdelen daarvan; met behulp van f en de bekende of aangenomen V worden afstanden gevonden.

In het laboratorium en ook b.v. bij de geodimeter kunnen faseverschillen tot op fracties van graden nauwkeurig gemeten worden. Mobiel opgestelde survey-apparatuur dient echter niet te kwetsbaar en niet al te kostbaar te zijn en de meetnauwkeurigheid daarvan is meestal 3°,6 met kleinere schattingsmogelijkheden. Verder opvoeren van de nauwkeurigheid heeft bovendien weinig zin in verband met onderweg tussen zender(s) en ontvanger optredende voortplantingsanomalieën.
Bij al die systemen correspondeert 360° met een halve golflengte, meestal lane genoemd. Bij een (cirkelvormig) afstandssysteem zijn alle lanes even groot ($^1/_2\ \lambda$); bij een (hyperbolisch) afstandsverschilsysteem is een lane $= {}^1/_2\ \lambda$ op de basislijnen en wordt wijder, naarmate het hyperbolisch patroon zich met toenemende afstand uitspreidt. Bij een op 100 kc/s werkend systeem correspondeert 3°,6 met circa 5 meter (of meer in de zich spreidende hyperbolen); op 2 Mc/s is dit slechts $^3/_4$ meter (of meer). De hogere nauwkeurigheid van een op hoge frequentie werkend systeem kan echter – vooral op de grotere afstanden – geheel of gedeeltelijk weer te loor gaan door ongunstiger propagatie-eigenschappen.
Een ander praktisch bezwaar tegen de hogere frequenties is gelegen in het volgende: al deze systemen zijn in wezen noniussystemen, d.w.z. zij zijn alleen in staat een onderverdeling te meten binnen $^1/_2\ \lambda$ (soms λ), doch het aantal malen $^1/_2\ \lambda$ moet langs andere weg bepaald worden. De ervaring heeft geleerd, dat in sommige projecten de benaderde plaats wel voldoende bekend is om vast te stellen binnen welke – 500 of meer meter brede – Decca lane de waarnemer zich bevindt. Dit wordt uiteraard veel moeilijker voor b.v. 75 meter brede lanes.
Weliswaar zijn alle systemen integrerend, zodat alleen bij de aanvang van de dagelijkse werkzaamheden het juiste lanenummer behoeft te worden ingesteld, doch storingen van buiten zowel als interrupties van zenders en ontvangers, kunnen later leiden tot foutieve lanenummers, dus foutieve metingen. Naarmate de frequentie hoger wordt (en daardoor de nauwkeurigheid in meters op het terrein), stijgt dan ook de behoefte aan een elektronisch zgn. lane identification (L.I.) systeem, wat de apparatuur omvangrijker en kostbaarder maakt.

Algemeen
De door een radiozender uitgestraalde energie (output) is slechts een fractie van de ingevoerde energie (input); de beste verhouding verkrijgt

men als de antennehoogte * ongeveer gelijk is aan $^1/_2\,\lambda$. Vanwege de praktisch mogelijke antennehoogten is dus een systeem op b.v. 2 Mc/s ($\lambda = 150$ m) ver in het voordeel boven een systeem op 100 kc/s ($\lambda = 3000$ m). Afhankelijk van de afstand waarop men wil werken, gaat het voordeel echter weer snel verloren omdat de 2 Mc zender veel sneller energie verliest met de afstand, dan die op 100 Mc, zodat de 2 Mc zender voor een zelfde bereik een hogere output moet hebben.
Bij alle systemen op 1 Mc/s en lager beperkt men de verliezen door een zgn. grondmat van radiale koperdraden rond de zender; op zeer hoge frequenties is die grondmat niet nodig.
Om de in paragraaf 4 genoemde redenen is het gewenst om de door de zenders in beslag genomen band zo nauw (= smal) mogelijk te houden. Aan die voorwaarde voldoen alleen continue, ongemoduleerde golven; bij Decca is de zendband van de orde van 100 c/s.
Sommige systemen – zoals b.v. Lorac,** Rana, Raydist – maken gebruik van continue, gemoduleerde golven, waarbij dan faseverschillen gemeten worden op de zgn. beat frequency, wat zekere radiotechnische voordelen heeft met betrekking tot de ontvangers. De modulatiefrequenties zijn van de orde van 250 tot 700 c/s met de ongunstige consequentie van zendbanden van 1000 c/s en meer.
Impulssystemen behoeven steeds een zeer brede zendband. Bij het navigatiesysteem Loran is de zendband circa 50 kc/s; die van het surveysysteem E.P.I. is zelfs 100 kc/s.
De door breedbandige zenders uitgestraalde informatie kan uiteraard alleen door breedbandige ontvangers worden opgevangen. Welke bezwaren daaraan kleven, wordt uiteengezet in paragraaf 7.
Bij sommige fasevergelijksystemen moeten de zenders paarsgewijze gesynchroniseerd worden. Wil de synchronisatie stabiel blijven, dan kan dit alleen geschieden via de directe of grondgolf (zie fig. 1); eventuele sky wave effecten zouden de synchronisatie en daardoor de uitgestraalde patronen van radiopositielijnen onstabiel maken. Dit betekent in de praktijk dat de lengten van de basislijnen voor uitsluitend daggebruik beperkt moeten worden tot 200 à 250 kilometer en tot niet meer dan 70 à

* Surveysystemen gebruiken verticaal gepolariseerde golven, waarvoor verticale antennes nodig zijn.
** Niet te verwarren met Loran, wat een *navigatie*systeem is.

100 km als men het systeem des nachts zou willen gebruiken voor nauwkeurig werk.

Andere faseverschilsystemen behoeven geen directe paarsgewijze synchronisatie, doch gebruiken een zgn. reference-zender (meer zenders, meer frequenties, meer personeel). Nóch dag-, nóch nachtbereik worden er echter mee verbeterd.

Impulssystemen daarentegen kunnen in beginsel onderscheid maken tussen grondgolf en sky wave (arriveert steeds later), hoewel dit in de praktijk niet altijd ondubbelzinnig mogelijk is. Zij zijn dus des nachts in het voordeel, zowel wat betreft de mogelijke lengte van de basislijnen als met betrekking tot sky wave effecten op de wegen tussen zender(s) en ontvanger.

Automatische elektronische bediening op afstand van de zenders is voor alle systemen in beginsel mogelijk. De vereiste apparatuur is uiteraard ingewikkeld en kwetsbaar. In onderontwikkelde gebieden zijn de zenderopstellingen dikwijls dusdanig moeilijk bereikbaar, dat een breakdown de voordelen van automatische bediening verloren doet gaan; men denke ook aan de mogelijke moeilijkheden met de stroomvoorziening door automatisch bediende generatoren.

Automatische bediening wordt dan ook nagenoeg niet toegepast en lijkt alleen zin te hebben bij zeer kleine projecten.

7 *Storingen*

De voornaamste oorzaken welke de ontvangst kunnen verstoren en/of de gewenste informatie vervormen, zijn:

1. Storingen door andere zenders; door een geschikte keuze van de frequentie zoveel mogelijk te vermijden; zie par. 4.
2. Eigen ruis van de ontvanger; kan door geschikte constructie laag gehouden worden.
3. Storingen door in de buurt van de ontvanger werkende elektrische apparaten; kunnen (vrijwel altijd) bevredigend afgeschermd worden.
4. Atmosferische ruis (atmospheric noise).
5. Kosmische ruis; is in vergelijking met 4. onbelangrijk.

Atmosferische ruis ontstaat door de elektrische ontladingen in onweersbuien. Vanwege de permanente onweersgebieden op lage breedten, is de atmosferische ruis in de tropen zeer veel sterker dan op hogere breedten.

Uit metingen zijn wereldkaarten samengesteld, welke het „mean atmospheric noise level" geven voor de verschillende seizoenen en verschillende uren van de dag. Over het algemeen stijgt het noise level sterk na omstreeks 15 uur en is gedurende de gehele nacht vrijwel maximaal.
Er zijn uiteraard geen middelen om dit soort ruis te beperken. Het enige wat men kan en moet doen, is het effect ervan op de gewenste informatie zoveel doenlijk te verkleinen.
Tot op de grootst gewenste bereiken moet voor de ongunstigste uren gestreefd worden naar een zodanige signaalsterkte van de gewenste informatie, dat de ontvanger voldoende en (zoveel mogelijk) storingsvrij bekrachtigd wordt. Met andere woorden, men moet trachten ervoor te zorgen dat de verhouding received signal / total noise steeds voldoende groot is.
Men heeft het – min of meer – in de hand om de storingsbronnen 1, 2 en 3 te verkleinen en verder moet men trachten de teller van de breuk te vergroten en/of de noemer te verkleinen.
Het vergroten van de teller kan geschieden door opvoeren van het zendvermogen, doch de praktische mogelijkheden in die richting zijn gering, aangezien daartoe grotere en kostbaarder antennesystemen nodig zijn en men bovendien al gauw op de moeilijkheden stuit welke genoemd werden in paragraaf 4, vooral in landen met intensief radioverkeer.
Hoewel de atmosferische ruis zelf niet verminderd kan worden, is er echter toch een zeer effectief middel om het effect ervan te verminderen en zodoende de noemer te verkleinen. Dit middel berust op het volgende: de elektrische ontladingen in onweersbuien produceren als het ware radiogolven op vrijwel alle frequenties. Van deze totale ruis kan men het storende effect beperken door gebruik te maken van een zo nauw mogelijke band van de ontvanger; het is duidelijk, dat in een ontvanger met 30 cycle bandbreedte (Decca) minder atmosferische ruis zal binnendringen dan in één met een bandbreedte van b.v. 1000 cycle (Lorac). Dit is eigenlijk het enige efficiënte middel om de breuk zo groot mogelijk te maken.
Nauwbandige ontvangers kunnen vanzelfsprekend alleen gebruikt worden bij systemen met nauwbandige zenders, zodat om die reden de systemen welke op continue, *on*gemoduleerde golf werken, sterk in het voordeel zijn. Gebruikt men dan nog de langere golven (b.v. rond 100 kc/s), dan heeft men niet alleen geringe uitgestraalde energie

nodig,* doch heeft men ook het voordeel dat in een minder druk bezet gedeelte van het frequentiespectrum gewerkt wordt. Tenslotte vermindert een nauwe ontvangstband de kans op storingen door andere zenders op nabije frequenties.

8 *Uitgestraalde patronen en kaartpatronen*

Combinaties van radio-surveyzenders stralen cirkelvormige of hyperbolische patronen van radiopositielijnen uit. De zenders worden op zodanige plaatsen opgesteld, dat de patronen elkaar onder een voldoend grote hoek snijden.

Zijn deze zenders rechtstreeks of via een reference-zender met elkaar gesynchroniseerd, dan behouden de uitgestraalde patronen (voorzover geen variaties in V optreden) een vaste stand in de ruimte. Deze vaste stand wordt ten overvloede gecontroleerd door een op een vast punt opgestelde zgn. monitor. Deze is niet anders dan een bij het systeem behorende ontvanger met registratie-inrichting. Mochten de patronen zich om de een of andere reden toch verplaatsen, dan wordt dit door de monitor geconstateerd en geeft deze radiotelefonisch zodanige correcties aan de zender door, dat de patronen weer op hun oorspronkelijke plaats komen; deze correcties zijn als regel zeer klein en het komt zelden voor dat meer dan twee keer per dag gecorrigeerd moet worden.

De voor de plaatsbepaling van de waarnemer gebruikte ontvanger meet in deze onzichtbare, uitgestraalde patronen en bepaalt daardoor hyperbolische, dan wel poolcoördinaten ten opzichte van de zenders. De voor de kaartering gezochte geografische of rechthoekige coördinaten kunnen daaruit door berekening worden afgeleid. Al deze systemen maken een continue plaatsbepaling mogelijk. Daar de berekeningen tijdrovend en gecompliceerd zijn, wordt in de praktijk vrijwel altijd een andere methode gevolgd.

Men berekent namelijk de ligging van de uitgestraalde patronen op de ellipsoïde ** en brengt die op een kaart, welke tevens voorzien is van een ruitennet en/of geografisch net. De waargenomen grootheden worden

---

* B.v. Nieuw Guinea Decca chain. Input 600 Watt; 50 m hoge antennes; output 20 Watt; bereik 400 km (overdag) bij een extreem hoog noise level; op die afstand is de veldsterkte nog voldoende, hoewel zij slechts 15 à 20 microvolt/meter bedraagt.

** Voor kaarteringen op zeeniveau; voor luchtkaartering berekent men de patronen op vlieghoogte, dan wel correcties ten opzichte van die op zeeniveau.

dan in deze kaartpatronen van radiopositielijnen afgezet en de rechthoekige of geografische coördinaten kunnen in de andere netten worden afgepast. In wezen is dit dus een grafische methode, waarvan de nauwkeurigheid afhankelijk is van de schaal van afbeelding. De berekening van deze patronen is vrij ingewikkeld en tijdrovend, doch kan desgewenst elektronisch geschieden. Zij kan geschieden voor een beperkt aantal punten in het werkingsgebied, waarna de radiopositielijnen als strokende krommen kunnen worden getekend.

Bij die berekeningen gaat men uit van het reeds eerder genoemde mathematisch model. Onjuistheden en onzekerheden in de vele daarin voorkomende parameters, maken dat de kaartpatronen niet volkomen zullen samenvallen met de uitgestraalde patronen. Uit het in paragraaf 6 medegedeelde over de onzekerheden in σ en daardoor in V, zal het duidelijk zijn, dat deze verschillen slechts gering zullen zijn bij gebruik van het systeem op zee of over goed geleidende grond. Bij σ's slechter dan b.v. 3×10^{-14} neemt de kans op verschillen snel toe. Voor velerlei – doch niet alle – toepassingen is dit bezwaar echter dikwijls aanvaardbaar. Men is nl. dikwijls niet in eerste instantie geïnteresseerd in de absolute juistheid van de plaats van waarneming, doch meer in de mogelijkheid om later op eenzelfde plaats te kunnen terugkeren (repeatability). De schommelingen in de diverse parameters zijn nl. over het algemeen klein, zodat de uitgestraalde patronen – hoewel vervormd ten opzichte van de kaartpatronen – zeer behoorlijk met behulp van de monitor op hun plaats gehouden kunnen worden.

9 *Geodetische grondslag*

Ten behoeve van de berekening van de kaartpatronen dienen onder meer de coördinaten van de zenders bekend te zijn. In onderontwikkelde gebieden is dit veelal niet het geval en zal men deze eerst zo goed mogelijk moeten bepalen.

In sommige gevallen zal men – uitgaande van de geografische coördinaten van één station – de coördinaten van de zenders kunnen bepalen met behulp van tellurometermetingen; in moerasgebieden zal dit echter moeilijk zijn. Astronomische bepaling is de minst gewenste methode vanwege de mogelijkheid van (onbekende) schietloodafwijkingen.

Ingeval de beide basislijnen over zee of over land van bekend geleidingsvermogen lopen, kan hun lengte berekend worden uit de dan bekende V

en de – b.v. met behulp van een vliegtuig – getelde aantallen uitgestraalde lanes. Het azimuth*verschil* tussen de beide basislijnen is te berekenen uit de zgn. „opposite readings"; zie fig. 4. Ter plaatse van G (zender afgezet) observeert men het rode lanenummer; bij een andere plaats van G zou een ander rood lanenummer worden waargenomen, zodat dit een maatstaf is voor de bepaling van hoek γ. Een tweede waarde voor γ is te berekenen uit het groene lanenummer ter plaatse van R. Het azimuth van een van de basislijnen moet dan op de één of andere manier bepaald worden.

In ieder geval moet de berekening van de kaartpatronen zodanig worden opgezet, dat daarin dezelfde aantallen lanes voorkomen als geteld zijn in de uitgestraalde patronen. Zou men in die berekening dan een foutieve V aannemen (schatten), dan betekent dit slechts een schaalfout in de kaartpatronen. Deze methode kan natuurlijk alleen een bevredigende nauwkeurigheid leveren als V constant is, d.w.z. bij homogene grondcondities over het gehele terrein.

Opm. Voor de Nieuw Guinea Decca chain was het noodzakelijk deze methode toe te passen, aangezien geen enkele geodetische grondslag aanwezig was; de *geschatte* nauwkeurigheid van afstanden in Decca-patronen is 1 : 10 000. De methode werd ook gevolgd voor de Nederlandse Decca Delta chains en de afstanden bleken binnen 1 : 130 000 te kloppen met die van de Rijksdriehoeksmeting. De uit opposite readings afgeleide hoek γ (fig. 4) verschilde

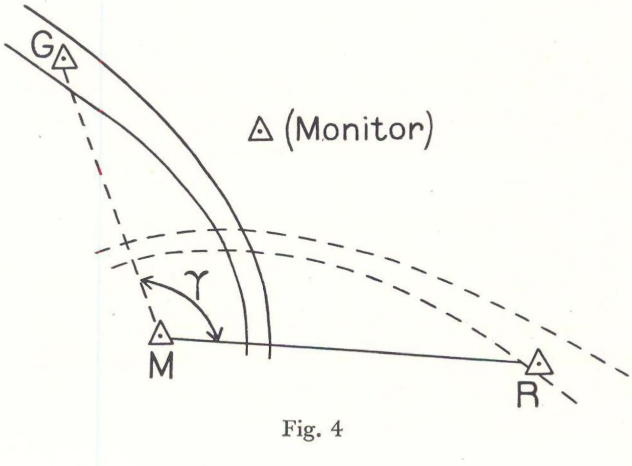


Fig. 4

slechts 5″,5 ± 7″ met die uit de R.D.-coördinaten van de zenders. Bij de Decca chain in Nigeria waren de resultaten aanzienlijk minder gunstig. Het ging hier uitsluitend over landgebieden, waarvan achteraf onmiskenbare aanwijzingen verkregen werden dat het geleidingsvermogen zeer slecht en van plaats tot plaats sterk variabel was.

10 *Korte beschrijving van de voornaamste surveysystemen*

Opmerking. Vele systemen hebben een aantal eigenschappen gemeen en om die reden zal voor het eerst te beschrijven systeem iets meer plaats ingeruimd worden dan voor de andere.
Tenzij anders vermeld, hebben de te noemen nauwkeurigheden betrekking op de middelbare fout in één radiopositielijn. De nauwkeurigheid van plaatsbepaling (fix) is afhankelijk van de snijdingshoek van twee van die lijnen; dit betreft dus meetkundige en geen radiotechnische eigenschappen.

10.1 *Systemen van de Decca-groep.* Alle ontwikkeld door een dochter-(radio) maatschappij van de Decca Record Co te Londen.

10.1.1 *Decca survey.* Alle zenders zijn op de grond opgesteld; de ontvangers kunnen worden geplaatst op een schip, dan wel in een voertuig of vliegtuig.
Een zender M(aster), werkende op een frequentie $6f$ en een zender R(ed slave) op $8f$, vormen de rode combinatie op de basislijn MR; zie fig. 5. Dezelfde Master, gecombineerd met een op $9f$ werkende G(reen slave) vormt de groene basislijn MG en een derde basislijn MP kan desgewenst gevormd worden met behulp van de P(urple slave), welke op $5f$ uitzendt. Een typische „grondfrequentie" (basic frequency) is $f = 14{,}167$ kc/s. Verschillende „chains" gebruiken een iets verschillende f. Uitgestraald worden continue, ongemoduleerde golven.
De uitzending van de Master wordt ter plaatse van de slaves ontvangen, waardoor deze in staat zijn (automatisch) hun uitzendingen te regelen in een vaste faseverhouding tot de Master (gesynchroniseerd).
De ontvanger bezit voor al deze frequenties afzonderlijke ontvangstkanalen. Door frequentievermenigvuldiging worden in de ontvanger de volgende combinaties tot stand gebracht: $4 \times 6f$ met $3 \times 8f = 24f =$

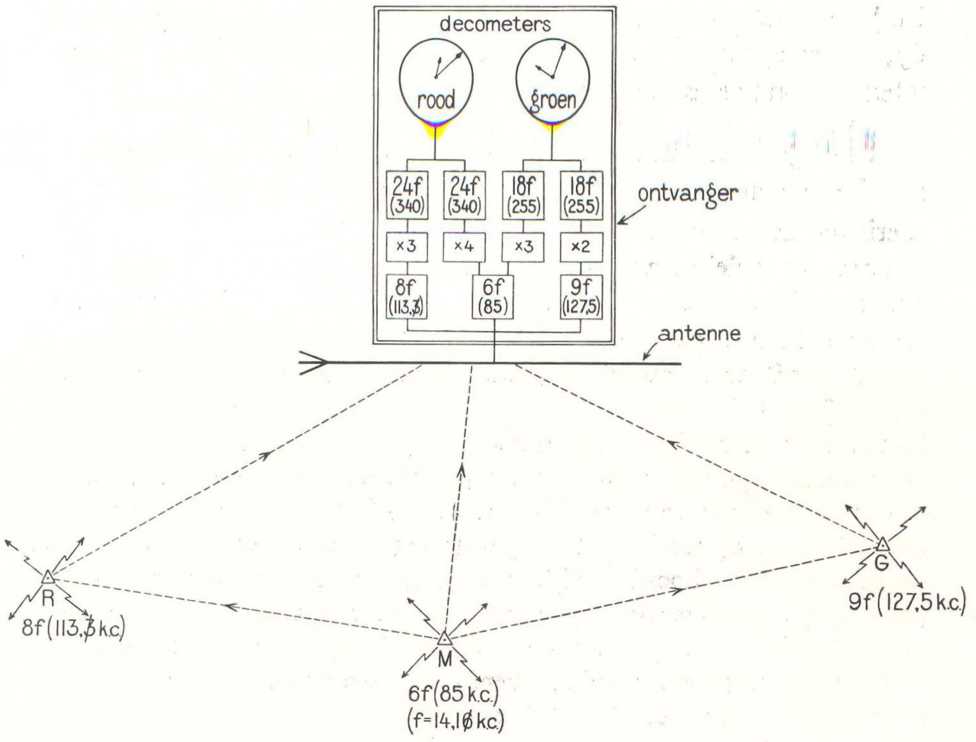


Fig. 5

$= F_R$; $3 \times 6f$ met $2 \times 9f = 18f = F_G$ en $5 \times 6f$ met $6 \times 5f = 30f = F_P$; zie fig. 5.

Hoewel dus alle zenders op ongelijke frequenties uitstralen, bereikt men hetzelfde resultaat, als zouden (M en R), (M en G) en (M en P) ieder uitgezonden hebben op dezelfde „vergelijkings'' (comparison) frequenties * F_R, F_G en F_P, welke dan aanleiding geven tot het ontstaan van hyperbolische interferentiepatronen.

Op deze F's meet de ontvanger faseverschillen in de rode en groene (resp. purple) patronen, welke worden aangegeven op indicatoren, welke men decometers noemt.

In verband met de faseverschilmetingen op F, dienen de kaartpatronen (par. 8) berekend te worden voor F_R, F_G en F_P.

---

* Wat natuurlijk niet mogelijk zou zijn, omdat de ontvanger dan Master en slaves niet zou kunnen scheiden.

De bandbreedte van de zenders is ongeveer 100 c/s en de frequenties 5 *f*, 6 *f*, 8 *f* en 9 *f* kunnen zodanig gekozen worden dat zij in de daarvoor internationaal gereserveerde banden vallen.
Door het gebruik van ongemoduleerde golven is het mogelijk de bandbreedte van de ontvangers te beperken tot 30 c/s en bij sommige uitvoeringen nog minder.
Voor surveydoeleinden wordt gewoonlijk een 2-slave chain gebruikt.
Het aantal gebruikers is onbeperkt; iedere nieuwe gebruiker behoeft slechts een ontvanger aan te schaffen.
Veelal wordt automatische registratie van de decometeraflezingen toegepast (Track Plotter).
Het bereik van een Decca chain is gelijk op alle hoogten boven zeeniveau en is afhankelijk van zendvermogen en noise level en voor nauwkeurig werk van de sky wave grens. Voor een 600 Watt input chain (circa 20 W output) is het *dag*bereik in de tropen (hoogste noise level) circa 400 km; dit grote bereik is hoofdzakelijk te danken aan het feit dat atmosferische (en andere) storingen grotendeels buiten de ontvanger kunnen worden gehouden door de nauwe ontvangstband – 30 c/s – welke mogelijk is bij gebruik van ongemoduleerde golven. Sky wave effecten beperken nauwkeurig nachtgebruik tot 70 à 100 km.
De lanebreedte * ($= {}^1/_2\,\lambda$ op de vergelijkingsfrequentie) is op de basislijnen van de orde van 450 meter. De afleesnauwkeurigheid van de decometer is 0,01 lane $\approx$5 m; schatting van onderdelen is mogelijk, doch heeft op de grotere afstanden weinig zin in verband met propagatie-anomalieën welke afwijkingen veroorzaken tussen uitgestraalde en kaartpatronen.
Lane identification (L.I.) vereist aanvullende apparatuur. Zij wordt bij navigatiechains altijd en bij surveychains soms toegepast.

10.1.2 *Two range Decca.* Voor normale Decca is een minimum van drie grondstations nodig. Dit kan in onderontwikkelde gebieden een bezwaar zijn in verband met personeelsbezetting, aflossing, enz.
Two range Decca werkt volgens dezelfde beginselen en op dezelfde frequenties als Decca, echter met dit verschil, dat één grondzender bespaard wordt door de Master aan boord van een schip te plaatsen (de

* Een lane is de strook tussen twee opeenvolgende radiopositielijnen (hyperbolen en bij 10.1.2 en 10.1.3 cirkels) met faseverschil 0°.

zendantenne is te hoog en te omvangrijk om deze in een voertuig of vliegtuig op te kunnen stellen). De ontvanger is dan ter plaatse van de Master opgesteld.
Verplaatst het schip zich, dan verandert het aantal lanes op de basislijnen MR en MG en de ontvanger meet deze veranderingen. De lanes hebben een onveranderlijke breedte van $^1/_2\,\lambda \approx 450$ m, zodat – met de walzenders R en G als middelpunten – cirkelvormige patronen ontstaan.
Het systeem heeft dezelfde eigenschappen als Decca, echter met dien verstande, dat a. het bereik kleiner is doordat de zendenergie van de Master enigszins beperkt is door het feit dat aan boord slechts zendantennesystemen van beperkte omvang kunnen worden opgesteld, b. een tweede en volgende gebruikers een complete en op andere frequenties werkende chain nodig hebben en c. het systeem geen L.I. heeft.

10.1.3 *Lambda.* Lambda is van latere datum dan two range Decca, doch verschilt daarmede alleen doordat L.I. aanwezig is. Bovendien zijn enkele verfijningen aangebracht in zenders en in ontvangers.

10.1.4 *Hi-Fix.* Dit systeem is pas in 1960 op de markt gekomen. Operationele ervaring is dus nog niet opgedaan, doch de resultaten van demonstraties zijn veelbelovend. Het is ontwikkeld op grond van de behoefte voor sommige projecten van kleine omvang aan grotere nauwkeurigheid, welke uiteraard te bereiken is met smallere lanes. Dit zou men in theorie kunnen bereiken door in normale Decca-ontvangers hogere vermenigvuldigingsfactoren en daardoor hogere F's toe te passen, doch dit is radiotechnisch niet met aanvaardbare nauwkeurigheid mogelijk. Hi-Fix maakt daarom gebruik van hogere frequenties en de ontvangers kunnen eenvoudiger zijn omdat geen frequentievermenigvuldiging wordt toegepast.
In grote trekken kan men Hi-Fix beschouwen als een normale Decca, werkende op een frequentie van rond 2 Mc/s, d.w.z. met lanebreedten van 75 m en afleesnauwkeurigheid van $^3/_4$ meter. Hi-Fix kan zowel met drie grondzenders (hyperbolisch) als met de Master aan boord van een schip of vliegtuig (cirkelvormig) geleverd worden; in het eerste geval is het een multi party systeem en in het tweede geval een single use systeem.
Vergeleken met andere op 2 Mc/s werkende systemen, is het een groot voordeel, dat Hi-Fix slechts van één enkele zendfrequentie gebruik

maakt. Alle zenders werken om beurten gedurende 3 sec op diezelfde frequentie (time sharing). Bovendien stelt een keuzeschakelaar de gebruiker in staat om een keuze te doen uit vier frequenties in de buurt van 2 Mc/s (zijn alle vier in het betrokken land in gebruik, dan kan de apparatuur omgebouwd worden voor een andere frequentie, wat betrekkelijk eenvoudig is omdat het slechts gaat om één frequentie).
Het gebruik van één enkele frequentie is mogelijk door iedere zender een codering te geven, waardoor de ontvanger in staat is onderscheid te maken tussen de drie zenders. Ten behoeve van de faseverschilmeting op na elkaar binnenkomende informatie, is de ontvanger voorzien van een elektronisch fasegeheugen (local oscillator). De bandbreedte is iets groter dan bij Decca – nl. 100 c/s – omdat ook het coderingssignaal moet kunnen worden ontvangen.
Het voordeel boven Decca is gelegen in het feit, dat de lanes een factor 6 smaller zijn met behoud van de afleesnauwkeurigheid van 0,01 lane.
Hi-Fix is bedoeld voor toepassing op betrekkelijk kleine afstanden (havens, riviermondingen, e.d.). Dan behoeft men slechts zenders en ontvangers welke enkele tientallen kg wegen en zweepantennes van 3 m lengte.
Door toevoegen van identieke eenheden kan het zendvermogen en daardoor het bereik opgevoerd worden tot bedragen welke ook bij andere op 2 Mc/s werkende systemen mogelijk zijn. Behalve de ontvangers, wordt de apparatuur daardoor omvangrijker en duurder, mede omdat dan ook grotere zendantennesystemen nodig worden. Vrijwel nimmer heeft men echter op de grotere afstanden behoefte aan zeer hoge nauwkeurigheid.
Hi-Fix kan met en zonder L.I. worden uitgevoerd. Registratie van de hyperbolische, resp. poolcoördinaten kan automatisch geschieden. Aan de ontvanger kan ook een elektronische computer gekoppeld worden, welke die coördinaten omzet in geografische of rechthoekige.

10.2 *Raydist.* Dit systeem is ontwikkeld door de Raydist Corp. te Hampton Virg. U.S.A. Het is een faseverschilsysteem, werkende op continue, gemoduleerde golven.
Er zijn verschillende uitvoeringen, hyperbolisch zowel als cirkelvormig. Allen maken echter gebruik van een ter plaatse van de waarnemer opgestelde zender, zodat het een single user systeem is.*

* Er kan een multi party systeem van gemaakt worden, doch dit wordt zeer gecompliceerd.

Een typische hyperbolische uitvoering maakt gebruik van drie zenders Rood, Geel en Groen, één „reference"-zender eveneens aan de wal opgesteld en een Master-zender aan boord van een schip, alle met bijbehorende ontvangers. Typische frequenties zijn:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Master } f_1 = 2\ 006\ 800 \text{ c/s} \\ \text{Ref. } f_2 = 2\ 007\ 200 \text{ c/s}\end{array}\right\} \Delta = 400 \text{ c/s.}$$

Groen $f_3 = 2\ 980\ 000$ c/s; modulatie $f_2 - f_1 = 400$ c/s.
Geel $f_4 = 2\ 976\ 000$ c/s; modulatie $f_2 - f_1 = 400$ c/s.
Rood $f_5 = 2\ 972\ 000$ c/s; modulatie $f_2 - f_1 = 400$ c/s.

In de ontvangers zijn de kanalen afgestemd op f_3, f_4 en f_5 en de band moet breed genoeg zijn (≈ 1200 c/s) om bovendien de modulaties te kunnen ontvangen. Gemeten worden faseverschillen op de 400 c/s modulaties, hetgeen resulteert in fictieve hyperbolische patronen Rood en Groen op de beide basislijnen Geel–Rood en Geel–Groen; beide patronen gelden voor de frequentie f_1, d.w.z. lanebreedten van ongeveer 75 m met aflezing op $^3/_4$ m.
Vanwege de 150 m golflengte is het bereik op zeeniveau iets kleiner dan bij Decca en sky wave effecten mogen verwacht worden op iets kleinere afstanden te zullen optreden. Er bestaat ook een lichtgewicht uitvoering van Raydist, werkende op zeer geringe vermogens en bedoeld voor kaartering van havens e.d.
Het zendvermogen moet hoog zijn om een voldoend gunstige verhouding signal / noise te kunnen bereiken (grote bandbreedte van de ontvanger).

10.3 *Lorac.* Lorac is ontwikkeld door de Seismograph Corp. te Tulsa, Oklahoma U.S.A. Het is een faseverschilsysteem, werkende op continue, deels gemoduleerde en deels ongemoduleerde golven.
Op de grond zijn drie zenders nodig voor twee hyperbolische patronen. De gemeenschappelijke Master zendt beurtelings continue, ongemoduleerde golven uit op de frequenties f_1 en f_2; de Groene slave zendt continue golven uit op een frequentie f_3 met op die draaggolf een modulatie van $f_2 - f_4$ en de Rode slave op f_4 met daarop $f_1 - f_3$ gemoduleerd.
Typische frequenties zijn:

$f_1 = 1\ 652\ 125$ c/s
$f_2 = 1\ 700\ 300$ c/s
$f_3 = 1\ 651\ 875$ c/s; modulatie $f_2 - f_4 = 600$ c/s.
$f_4 = 1\ 699\ 700$ c/s; modulatie $f_1 - f_3 = 250$ c/s.

De ontvanger heeft twee kanalen, breed genoeg voor de ontvangst van f_3 + modulatie van 600 c/s en f_4 + modulatie van 250 c/s; de daarvoor benodigde bandbreedten zijn ongeveer 2000 en 800 c/s, zodat de zendvermogens hoog moeten zijn om op enige afstand een voldoende verhouding signal / noise te kunnen bereiken.
Faseverschillen worden gemeten op de modulatiefrequenties en de patronen gelden voor de frequenties f_3 en f_4, zodat 0,01 lane op de basislijnen correspondeert met ongeveer 1,2 meter.
Aangezien de waarnemer geen zender behoeft, is het aantal gebruikers onbeperkt. Vanwege de grotere bandbreedte van de ontvangers is – bij een zelfde zendvermogen en gelijk noise level – het bereik iets kleiner dan van Raydist.

10.4 *Rana.* Dit systeem is ontwikkeld door Compagnie des Compteurs Paris. Rana is een faseverschilsysteem werkende op continue, ongemoduleerde golven. De frequenties zijn van de orde van 2 Mc/s (leverbaar tussen 1,6 en 2,5 Mc/s).
In tegenstelling tot b.v. Decca, worden de patronen niet uitgestraald door zendercombinaties welke een gemeenschappelijke Master hebben, doch dit geschiedt door gescheiden zenderparen, zie fig. 6. Iedere zender

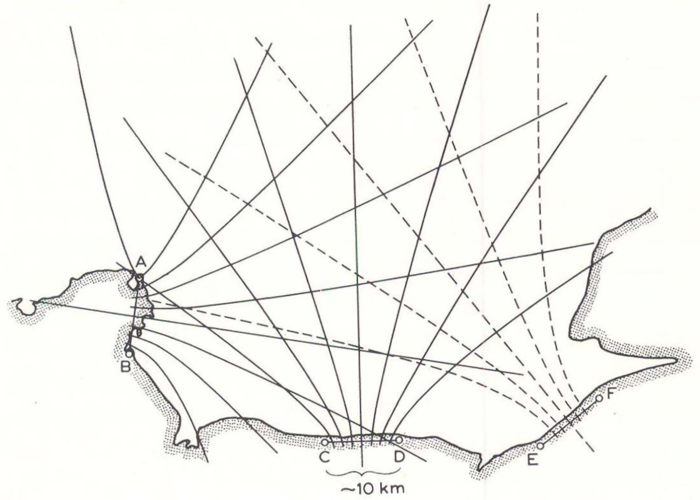


Fig. 6

straalt bovendien tegelijkertijd twee frequenties uit, welke ongeveer 3000 c/s uit elkaar liggen.
Voorbeeld van frequenties:

A. 1 994 000 c/s en 1 997 000 c/s
B. 1 994 040 c/s en 1 996 960 c/s } $\Delta = 40$ c/s
C. 2 000 000 c/s en 2 003 000 c/s
D. 2 000 040 c/s en 2 002 960 c/s } $\Delta = 40$ c/s.

In de ontvanger worden de faseverschillen gemeten op de zwevingsfrequentie („beat frequency") van 40 c/s, doch de techniek daarvan is zodanig, dat de indicatoren faseverschillen aangeven in de voor 1994 kc/s, resp. 2000 kc/s, geldende patronen, waarvan de lanebreedte op de basislijn dus ongeveer 75 m is, welke de faseverschilmeter wederom in 100 delen kan verdelen, zodat de afleesnauwkeurigheid $^3/_4$ m is.
Weliswaar worden ongemoduleerde golven gebruikt, doch de noodzaak om de beat frequencies te kunnen ontvangen maakt een 150 c/s brede ontvangstband noodzakelijk voor elk van de combinaties AB, CD, (EF).
In beginsel schijnt het mogelijk te zijn B met C (resp. D met E) te combineren; toepassingen zijn niet bekend.
Het aantal gebruikers is onbeperkt en onder overigens gelijke omstandigheden is het bereik hetzelfde als dat van andere op 2 Mc/s werkende systemen met vergelijkbare bandbreedte.
Een voordeel van de gescheiden basislijnen is dat men de opstellingen dikwijls zó kan kiezen, dat – meetkundig bezien – goede snijdingen verkregen worden. Aangezien de meetnauwkeurigheid echter 0,01 lane blijft, gaat dit voordeel weer in belangrijke mate verloren omdat de lanes bij dergelijke korte basislijnen ($\approx$10 km) zeer snel breder worden (grote „lane expansion factor").

10.5 *Toran.* Dit is ontwikkeld door de Compagnie Générale Géophysique, Paris. Het is een faseverschilsysteem, werkende op continue, ongemoduleerde golven; de frequenties liggen in de buurt van 2 Mc/s. Twee zenders A en B werken op een 100 c/s verschillende frequentie en de ontvanger meet het faseverschil op de beat frequency van 100 c/s. Twee andere zenders C en D werken op dezelfde wijze, doch op ongeveer 3000 c/s verschillende frequenties. B en C kunnen niet gemeenschappelijk zijn en moeten meerdere kilometers uit elkaar worden opgesteld.
Bij een dergelijk systeem kunnen de faseverhoudingen alleen constant ge-

houden worden met behulp van een reference-zender per patroon, zodat zes frequenties benodigd zijn.
De lanebreedte op de basislijnen is ongeveer 75 meter. De bandbreedte van de ontvangers is ongeveer 250 c/s.
Het bereik is hetzelfde als dat van vergelijkbare systemen op 2 Mc/s.
Volgens een beschrijving zou bij toepassingen in Nw. Caledonië en in Kameroen automatische besturing op afstand van de zenders zijn toegepast, waarbij bezoek aan de zenders na 100 uur nodig was. Foto's van de zenders doen vermoeden dat dit projecten van kleine omvang zijn geweest.

10.6 *Shoran.* In de tweede wereldoorlog is Shoran door militaire instanties ontwikkeld en gebruikt voor precisiebombardementen door vliegtuigen. Het wordt onder meer gefabriceerd door de Radio Corporation of America.
In een vliegtuig is een dubbele zender/ontvanger opgesteld, welke op twee iets verschillende frequenties in de buurt van 300 Mc/s ($\lambda \approx 1$ m) met intervallen van 0,1 sec beurtelings impulsen uitzendt. Deze worden ontvangen door op de grond opgestelde antwoordbakens (repeaters) S en R, zie fig. 7, welke op weer enigszins andere frequenties de ontvangen impulsen heruitzenden; in deze bakens ontstaat enige vertraging, doch deze is nagenoeg constant te houden en kan door kalibratie bepaald worden. De in de vliegtuigontvanger gemeten tijdsverschillen tussen de eigen uitzending en de terugontvangst van de „echo" zijn in verband met V en met de baankromming een maatstaf voor de afstanden.
Kruist het vliegtuig nu de (onzichtbare) lijn SR, dan zal een minimum som van beide hellende afstanden gemeten worden als het vliegtuig zich in het verticaalvlak door de beide grondbakens bevindt. Bij voldoende vlieghoogte kunnen aldus afstanden SR van meerdere honderden kilometers gemeten worden. De elevatiehoeken in S en R zijn dan klein, zodat de vlieghoogte niet bijzonder kritisch is voor het herleiden tot de geodetische afstand SR.
In paragraaf 6 (fig. 3) is er reeds op gewezen dat de door de impulsen ($\approx$ 0,25 microseconde) in de ontvanger gevormde „pips" onregelmatig kunnen zijn en soms niet met zekerheid tot samenvallen kunnen worden gebracht; dit is dan ook de voornaamste beperking wat betreft de met Shoran bereikbare nauwkeurigheid.

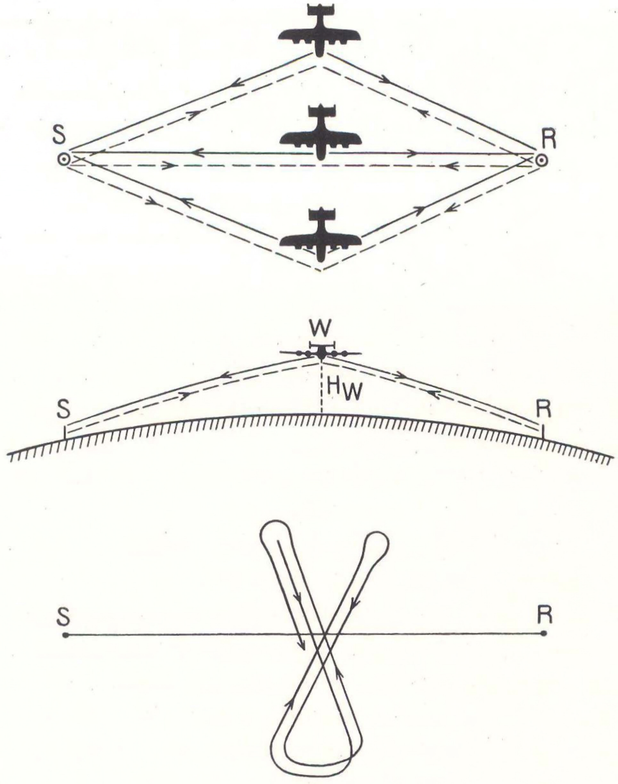


Fig. 7

Uit zeer uitgebreide Shoran netten over geheel Canada is gebleken, dat de afstanden SR – mits minstens 200 km lang – gemiddeld gemeten konden worden met een middelbare fout van 1 : 64 000.
Zijn de coördinaten van de grondbakens bekend, dan kan Shoran uiteraard gebruikt worden als cirkelvormig plaatsbepalingssysteem.
Vanwege de golflengte van slechts één meter, is de voortplanting nagenoeg rechtlijnig en kunnen op zeeniveau slechts korte afstanden overbrugd worden, tenzij de grondbakens zeer hoog kunnen worden opgesteld.

10.7 *Hiran.* Hiran is een verbeterde en verfijnde versie van Shoran. De voornaamste verbetering bestaat in de mogelijkheid om de pips

zodanig te versterken, dat zij – onafhankelijk van de afstand – nagenoeg gelijk en gelijkvormig blijven. Zie hierover ook paragraaf 6 en fig. 3.
De met Hiran bereikte nauwkeurigheid is van de orde van 1 : 100 000; in sommige gevallen zijn grotere nauwkeurigheden gerapporteerd.
Evenals Shoran, is Hiran een single user systeem.

10.8 *Electronic Position Indicator (E.P.I.).* De E.P.I. is ontwikkeld door de elektronische afdeling van de U.S. Coast and Geodetic Survey te Washington D.C.
Afgezien van details, is de E.P.I. geheel te beschouwen als een Shoran op lagere frequentie. Deze is nl. ongeveer 2 Mc/s en de circa 150 m lange draaggolf kromt voldoende met het aardoppervlak mee om grote afstanden te kunnen overbruggen.
Op deze lange golf kunnen echter geen zeer korte impulsen geproduceerd worden en die van de E.P.I. zijn ongeveer 40 μsec, hetgeen in tijd overeenkomt met 40×300 m $=$ 12 km. Voor enigszins nauwkeurige afstandsmeting zouden dus zeer hoge eisen gesteld moeten worden aan de vorm van de „pips" en aan de steilheid van hun rijzende flank (zie par. 6 en fig. 3). Daarom wordt bij de E.P.I. een gewijzigde methode toegepast, welke echter te ingewikkeld is om hier te beschrijven.
Van een serie van 267 afstandsmetingen tussen 45 en 275 zeemijl wordt opgegeven dat van 72% van de waarnemingen de fout 45 m of kleiner was; van 83% was de fout 60 m of kleiner; het bereik is sterk afhankelijk van het noise level.
Het vermogen van de impulsen (peak power) is 10 kiloWatt, de bandbreedte van de zenders 100 000 c/s en die van de ontvanger 85 000 c/s. Het is duidelijk dat een dergelijk systeem slechts gebruikt zal kunnen worden in gebieden met een weinig intensief radioverkeer.
De E.P.I. is een single user systeem.

10.9 *Radiolog.* Radiolog, ontwikkeld door de Atlas Werke A.G. te Bremen, is een fasevergelijksysteem op 8 (of 4) meter golflengte en is bedoeld voor kaartering van kanalen, rivieren en havens.
Vanwege het kleine beoogde bereik kunnen accu's de stroombron vormen van één aan boord en één aan de wal geplaatst zendertje, werkende op continue, gemoduleerde golf. De draaggolf is 8 (of 4) m en door een speciale constructie is de meeteenheid niet $^1/_2\,\lambda$, doch $^1/_4\,\lambda$ (dus 2 of 1 m).

Als het vaartuig zich verplaatst, ontstaat een verandering in het faseverschil tussen de beide zendertjes en deze is een maat voor de afstands*verandering*. Een eveneens aan boord geplaatste ontvanger meet deze faseveranderingen tot op 0,01 lane, wat dus overeenkomt met 0,02 (resp. 0,01) meter. De radiopositielijnen zijn dus cirkels.
Absolute afstanden kunnen niet gemeten worden en men moet dus van een bekend punt uitgaan en daar bij voorkeur ook op terugkeren, aangezien het systeem geen L.I. heeft.
Met een duplicaat installatie (op andere frequentie) kan een tweede afstandsverschil bepaald worden, waardoor bij voldoende snijding dus plaatsbepaling mogelijk is.
Bij demonstraties op de Rotterdamse Nieuwe Waterweg (1956) bleken schepen soms ernstige reflecties te geven, waardoor meerdere lanes „geslipt" werden; aangezien de lanes slechts 2 of 1 meter breed zijn, worden dergelijke „slips" niet gemakkelijk ontdekt.
Het systeem heeft uiteraard slechts beperkte toepassingen, mede omdat men gevaar loopt van reflecties door gebouwen e.d., doch ook omdat men een kans loopt bepaalde radiotelefonie-verbindingen te storen of zelf daardoor gestoord te worden, welke kans vergroot wordt doordat de gebruikte modulatie een ontvangstband van 2500 c/s nodig maakt.
De Radiolog is een single user systeem.

10.10 *Canadian Microwave Position Fixer*. Dit impulssysteem van het 3 cm ($\approx$10 000 c/s) radar type is bedoeld voor hydrografisch kustwerk en ontwikkeld door de Canadian Research Council.
Op drie punten A, B en C langs de kust staan 3 cm impuls-zendertjes opgesteld, welke continu uitstralen over een grote sector zeewaarts (b.v. 180°). Op het schip S staat een 3 cm radar opgesteld, welke echter alleen is ingericht voor ontvangst en niet voor zenden; deze radar heeft een parabolische antenne welke één omwenteling per seconde maakt. Vanwege de 1° bundelbreedte van deze antenne, pikt zij alleen energie op als zij achtereenvolgens op A, B en C gericht is.
Op het moment dat S op A gericht is, komt een elektronische teller in werking; deze is onderverdeeld in stappen van 0°,02. Zij wordt weer gesloten zodra S de richting naar B bereikt heeft. Een tweede dergelijke teller registreert de hoek tussen B en C.
Op niet al te kleine afstanden wordt geen onaanvaardbare fout geïntrodu-

ceerd, doordat de hoek AB gedurende de meetperiode verandert. Wel zouden grote fouten insluipen bij tussentijdse grote koersveranderingen, omdat de antenne S dan eerder (resp. later) op een walzender gericht zou zijn dan overeenkomt met de telling, welke afhankelijk is van de hoeksnelheid van S. Men komt hieraan tegemoet door gyrostabilisatie van de scheepsantenne.

Bij de nieuwste (1959), gestabiliseerde, uitvoering varieerden de verschillen met gelijktijdig gemeten sextanthoeken en bij een vaarsnelheid van 7 zeemijl/uur tussen $+5'$ en $-17'$ (sexag.), gemiddeld $-6'$. Bij een vaart van 11 zeemijl tussen $+12'$ en $-36'$ met een gemiddelde van $-6'$. Ten anker liggende tussen $+1'$ en $-20'$, gemiddelde $-9'$.

Uit de inwendige tegenspraken tussen 590 metingen (ten anker liggende) volgde een standaarddeviatie van ongeveer $2'$. Er sluipen dus blijkbaar nogal wat systematische fouten in, welke men hoopt verder te kunnen beperken.

Het bereik is uiteraard beperkt door de vrijwel rechtlijnige voortplanting van 3 cm golven.

De zend- en ontvangstbanden dienen gekozen te worden buiten die welke internationaal voor scheepsradar zijn aangewezen.

Het is een single user systeem.

10.11 *Hydrodist.* Aard en omvang van de apparatuur zijn dezelfde als die van de elders in dit lustrumboek beschreven tellurometer, waarvan Hydrodist een voor hydrografisch werk bedoelde versie is.

Evenals de tellurometer, werkt Hydrodist op een 10 cm draaggolf. De verschillende modulatiefrequenties ten dienste van wat in dit artikel lane identification is genoemd, liggen in de buurt van 1,5 Mc/s ($\lambda \approx 2000$ m). Evenals bij andere systemen is de draaggolf uiteraard bepalend voor de voortplantingseigenschappen.

Aan boord van een vaartuig wordt een dubbele Master opgesteld, waarmede continu afstanden bepaald worden tot twee aan de kust opgestelde Remotes, zodat cirkelvormige patronen verkregen worden. De afstandindicators van de Master-ontvangers werken integrerend; van tijd tot tijd wordt het „lanenummer" gecontroleerd door meting op de modulatiefrequentie(s).

De reflectoren zijn van het type als bij de tellurometer, d.w.z. hebben een opening van 20°. Masters en Remotes moeten ongeveer op elkaar ge-

richt zijn, zodat op een zich bewegend vaartuig periodieke bijrichting noodzakelijk is. Nabij de kust – waar de richtingen sneller veranderen – kan men reflectoren met grotere opening gebruiken; weliswaar spreidt de energie dan over een wijdere bundel, doch op de kleinere afstanden blijft dan toch nog genoeg energie over. Automatisch radiografisch richten is in beginsel mogelijk, doch wordt zeer ingewikkeld en daardoor kwetsbaar; het is nog niet toegepast. Ook automatische registratie van de afstanden is in beginsel mogelijk, doch eveneens nog niet toegepast.

De meetnauwkeurigheid wordt opgegeven van de orde van één meter te zijn. Het bereik is afhankelijk van de hoogte van de opstellingen, d.w.z. bij normale refractie 10 à 20% meer dan dat van lichtstralen. Superrefractie en subrefractie kan – evenals bij radar – grote invloed hebben op het bereik.

Hydrodist wordt tot nu toe gebruikt zonder daarvoor bij de P.T.T. frequenties aan te vragen. Bij gebruik op enigszins grote schaal zal nagegaan moeten worden of de frequentie niet binnen de internationaal voor radar aangewezen band valt. Vanwege de gebruikte modulaties heeft de ontvanger een brede band, zodat in gebieden met drukke scheepvaart wellicht storingen door scheepsradars zouden kunnen optreden (de meeste scheepsradars werken echter op 3 cm).

Hydrodist is één van de systemen welke bedoeld zijn voor kleine projecten. Het is een single user systeem. Een tweede stel van twee Masters zou op dezelfde frequenties kunnen werken, doch dan zou een zeer ingewikkeld systeem van time sharing nodig zijn. De enige praktische oplossing voor een tweede gebruiker in hetzelfde gebied, is het aanschaffen van een complete apparatuur (bestaande uit vier zenders) op andere frequenties.

Hydrodist is o.a. door de Britse Hydrografie onder gunstige omstandigheden (veel zeegang en daardoor niet te veel swing) beproefd. Bij kalme zee lijkt het waarschijnlijk dat dezelfde soort moeilijkheden zullen worden ondervonden als bij zgn. Ramark navigatiebakens (10 cm en 3 cm), zijnde dode zones waarin het signaal wegvalt doordat rechtstreekse en door het zeeoppervlak teruggekaatste golven ongeveer een geheel aantal malen 180° in fase verschillen; is dit niet het geval, dan zou onder bepaalde omstandigheden een grote swing kunnen optreden (b.v. bij vlakke zee).

10.12 *Aerodist.* Aerodist is een toepassing van Hydrodist, bedoeld voor plaatsbepaling van een vliegtuig ten opzichte van op de grond geplaatste Remotes. Het systeem is alleen nog maar op papier ontwikkeld en men verwacht (met sterkere zenders) 100 à 200 km ermee te kunnen overbruggen.

10.13 *Radar.* De met een goed afgestelde en deskundig bediende commerciële scheepsradar in afstand bereikbare nauwkeurigheid is zeker niet beter dan 2%, terwijl in de richting ten opzichte van een aangenomen nullijn ongeveer 1° ($=1/57$ rad $\approx 2\%$) kan worden bereikt; gekoppeld aan een magnetisch kompas komt daar nog 1 à 2° bij en bij gebruik van gyrostabilisatie (op kleine vaartuigen praktisch onmogelijk) nog $^1/_2$ à 1°.
Het is in beginsel mogelijk een aanzienlijk nauwkeuriger radar te construeren, doch de kosten zullen dan zó hoog worden, dat het plaatsbepalingsprobleem beter en goedkoper kan worden opgelost met één van de bovengenoemde systemen.
Het normale bereik van radar is gelijk aan dat van Hydrodist.
De meetnauwkeurigheid wordt verder ongunstig beïnvloed door de over het algemeen onscherp afgebeelde echo's. Radar komt dan ook slechts in uitzonderingsgevallen in aanmerking als hulpmiddel bij kaartering.

10.14 *Radio-navigatiesystemen.* Van de vele bestaande radio-navigatiesystemen is alleen de Decca Navigator voor sommige toepassingen nauwkeurig genoeg voor hydrografische kaartering. De Duitse Decca Navigatie chain wordt b.v. door de Nederlandse Hydrografische Dienst gebruikt voor kaartering in de Noordzee buiten zicht van land. De middelbare fout in een fix blijkt ongeveer 120 meter te zijn, wat voor de uiteindelijke zeekaart op schaal 1 : 200 000 of kleiner aanvaardbaar nauwkeurig is voor de kaartering van een dieptecijfer en aanzienlijk nauwkeuriger dan de zeeman kan navigeren.

11 *Keuze van een systeem*

Een aantal van de in de vorige paragraaf genoemde systemen is ontworpen voor grote, middelbare *en* kleine afstanden. Wat betreft de informatie welke zij kunnen leveren, kan gezegd worden dat zij elkaar in vele opzichten overlappen, met dien verstande, dat Shoran (en nog beter

Hiran) bij uitstek geschikt is voor het meten van lange afstanden. De kosten van aanschaffing zijn hoog; voor gelijke bereiken onder gelijke omstandigheden (noise level) en vergelijkbare prestaties liggen zij voor alle lange-afstandssystemen in de orde van grootte van $^1/_2$ à $^3/_4$ miljoen gulden.
Voor kleinere projecten – havens e.d. – zijn dergelijke kosten prohibitief en bovendien wenst men dikwijls een nauwkeurigheid welke met de bovenbedoelde categorie niet altijd bereikbaar is. Voor kleine projecten bestaat echter wel dikwijls een behoefte aan radioplaatsbepaling; mist en slecht zicht gaat vrijwel steeds gepaard met de voor nauwkeurige dieptemetingen vereiste kalme zee, terwijl helder zicht nagenoeg altijd samengaat met harde wind en ruwe zee.
Ten behoeve van dergelijke kleine projecten zijn de lichtgewicht korteafstandssystemen ontwikkeld, waarvan de aanschaffingsprijs een factor 5 à 7 lager ligt. Met betrekking tot deze categorie wordt in brochures dikwijls vermeld of gesuggereerd dat zij ook geschikt (te maken) zijn voor grote bereiken. Dit is in het algemeen niet onjuist, doch omvang en kosten nemen dan sterk toe, terwijl ook om andere redenen de keuze dan beter zou kunnen vallen op een systeem dat voor groot bereik ontworpen is.
Ten aanzien van de verlangde nauwkeurigheid worden wel eens eisen gesteld, welke hoger zijn dan overeenkomt met de schaal van de kaartering; zo heeft het b.v. weinig praktisch nut om bij schaal 1 : 25 000 de eis hoger te stellen dan 5 meter.

Verreweg de grootste beperkingen van lange-afstandssystemen zijn gelegen in de anomalieën in de voortplanting van de radiogolven en in de atmosferische ruis, welke laatste sterk uiteenloopt voor verschillende gebieden op aarde (dit soort beperkingen speelt op de kortere afstanden een zeer veel kleinere rol). Radiotechnische verbeteringen in de zenders kunnen daaraan niet tegemoet komen en sommige voorstellen in die richting zijn dan ook volkomen zinloos.
Ondanks de zeer summiere behandeling, zal uit de vorige paragrafen wel duidelijk zijn, dat de op continue, ongemoduleerde golven werkende systemen in vele opzichten voor middelbare en grote bereiken in het voordeel zijn vanwege de mogelijkheden van smalle zend- en ontvangstbanden en de gunstige verhouding signal / noise welke met kleine

zendvermogens bereikt kan worden; vooral in de tropen, waar het noise level hoog is, kunnen deze voordelen doorslaggevend zijn.
De omvang van dit artikel laat slechts toe de vele factoren te *noemen*, welke bepalend zijn voor de juiste werking en nauwkeurigheid van een radioplaatsbepalingssysteem. Het aan elk daarvan voor een bepaald project toekennen van de juiste gewichten vereist een zeer gespecialiseerde kennis, doch ook praktische ervaring. Een verantwoorde keus is dan ook slechts mogelijk na raadpleging van ter zake deskundigen. Van brochures van fabrikanten kan men vanzelfsprekend in het algemeen niet aannemen, dat zij in alle gevallen objectieve informatie bevatten.
Ten slotte wordt nog opgemerkt, dat de nauwkeurigste resultaten bereikt kunnen worden bij zeekaartering (hydrografisch, olie-exploratie, e.d.), aangezien de propagatie dan plaats vindt over een medium met bekende en nagenoeg constante elektrische eigenschappen.
Voor landkaartering van terrein met goed geleidingsvermogen (σ tussen 10^{-13} en 5×10^{-14} e.m.u.) kunnen ook zeer goede resultaten verwacht worden. Bij slechter geleidingsvermogen daalt de nauwkeurigheid snel. Kilometergolven dringen nagenoeg ongehinderd over grote afstanden door in bebost terrein en voor hectometergolven is dit nog in redelijke mate het geval; kortere golven dringen daarin niet door en hebben te land ook overigens snel toenemende ongunstige eigenschappen naarmate de golflengte kleiner wordt.

12 *Literatuur*

Over deze betrekkelijk nieuwe hulpmiddelen voor de kaartering bestaat nog geen samenvattende literatuur, hoewel een poging daartoe gedaan is in: „Radio aids to maritime navigation and hydrography, special publication No. 39 of the International Hydrographic Bureau Monaco". Sommige systemen zijn daarin objectief behandeld, doch van andere berust de beschrijving uitsluitend op mededelingen (brochures) van fabrikanten. Gezien de nieuwe ontwikkelingen is deze publikatie van 1956 ook als gedeeltelijk verouderd te beschouwen; een nieuwe uitgave is in bewerking.
De vele beschikbare gegevens zijn van sterk uiteenlopende waarde en zeer verspreid gepubliceerd. Een opgave daarvan wordt hier achterwege gelaten omdat zij zeer veel plaatsruimte in beslag zou nemen.

GEODETISCHE ASTRONOMIE

DOOR IR. J. ROLFF

CHIEF-ENGINEER BIJ HET SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY, CAMBRIDGE (U.S.A)

In de geodetische astronomie houdt men zich bezig met het bepalen van azimuths en geografische posities door middel van het waarnemen van hemellichamen. Bij vele van deze bepalingen is het nodig dat men nauwkeurig het tijdstip kent waarop een hemellichaam wordt waargenomen.
Behalve een observatie-instrument moet de waarnemer dus een klok tot zijn beschikking hebben. Om de miswijzing van die klok te kennen, dienen periodiek vergelijkingen te worden uitgevoerd met de precisie-tijdseinen die door diverse observatoria per radio worden uitgezonden. Ook een radio-ontvanger behoort dus tot het instrumentarium. Daarnaast is nog een chronograaf nodig, welke dient om de klokaflezing te registreren op het moment waarop het hemellichaam wordt waargenomen.
Men kent zgn. primaire metingen (voor bepalingen tot op onderdelen van een boogsecunde nauwkeurig) en secundaire metingen (voor bepalingen tot op enkele boogsecunden nauwkeurig).
Met dit onderscheid wordt in het hierna volgende rekening gehouden, omdat de meetmethoden en het instrumentarium bij deze twee groepen duidelijke verschillen vertonen.
Verder zal in hoofdzaak gesproken worden over het instrumentarium en de meetmethoden die in de laatste twintig jaren zijn gebruikt.

Secundaire metingen

Omstreeks 1940 bestond het gebruikelijke instrumentarium uit een theodoliet, een scheepschronometer, een radio-ontvanger en een stopwatch of een chronograaf.
In die dagen werden de tijdseinen dikwijls slecht ontvangen en de toen in gebruik zijnde loodzware chronograaf was niet altijd bedrijfszeker. De lezers, die indertijd het practicum geodetische astronomie hebben door-

worsteld op de Geodesietoren in Delft, zullen zich deze moeilijkheden ongetwijfeld herinneren.
Deze ongemakken zijn in de afgelopen twintig jaren echter grotendeels verdwenen. Er is een kleinere en lichtere chronograaf in de handel gebracht, die in de praktijk zeer goed voldoet, terwijl dank zij de grote vorderingen in de radiotechniek het goed ontvangen van tijdseinen bijna vanzelfsprekend is geworden.
Bij de geografische positiebepaling wordt tegenwoordig weer veel gebruik gemaakt van de klassieke meetmethode van Gauss. Bij deze methode wordt het moment geregistreerd waarop de waar te nemen sterren een bepaalde hoogte boven de horizon bereiken. Meestal wordt voor die hoogte 60 graden genomen. Hoofdzaak is dat deze hoogte niet varieert tijdens het uitvoeren van het meetprogramma (15 à 30 sterren – tijdsduur 1 à 2 uur).
Deze stabiliteit wordt verkregen door voor het objectief van de theodoliet een voorzet-prisma astrolabium te bevestigen, welke voorzien is van een kwikhorizon.
In de U.S.A. werd een geheel nieuw instrument ontwikkeld voor het uitvoeren van de meetmethode van Gauss: het zgn. pendel astrolabium, waarin als kunsthorizon gebruik gemaakt wordt van een metalen spiegel welke in het instrument is opgehangen.
Een ander nieuw hulpmiddel is het zonneprisma, ontworpen door Prof. Roelofs, dat voor het objectief van een theodoliet kan worden bevestigd. Met behulp van dit prisma kan men nauwkeuriger op de zon richten dan voorheen mogelijk was. Dit biedt de mogelijkheid om uit zonobservaties – dus overdag – nauwkeurig een azimuth of een geografische positie te bepalen.

Primaire metingen – principe

Bij primaire metingen worden geen nauwkeurige randaflezingen gedaan. De observatie-instrumenten zijn in het algemeen zodanig uitgevoerd dat óf uitsluitend in een verticaal vlak óf uitsluitend op een constante hoogte wordt waargenomen. De waarnemingstechniek is daarbij geheel teruggebracht tot het bepalen van het moment waarop een ster dat vlak of die hoogte passeert – het zgn. doorgangsmoment. Op deze wijze vermijdt men de invloed die afleesfouten van de rand of fouten in de rand zelf op het meetresultaat hebben.

Bij het bepalen van dit doorgangsmoment bestaat het gevaar dat de persoon van de waarnemer een te grote rol gaat spelen. Vooral het beoordelen wanneer een ster de kruisdraad in de kijker passeert, is sterk afhankelijk van de waarnemer. Dit euvel is reeds lang bekend en als remedie daartegen deed reeds tegen het einde van de 19e eeuw de zgn. onpersoonlijke micrometer van Repsoldt zijn intrede. De waarnemer

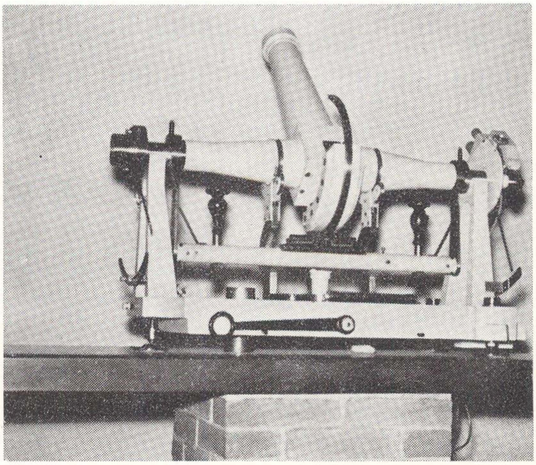


Fig. 1 Doorgangsinstrument met onpersoonlijke micrometer

tracht de ster op haar tocht door het kijkerveld zo goed mogelijk bedekt te houden met een beweegbare kruisdraad. Gedachtig het motto „Eén ei is geen ei", worden er tijdens de weg die de beweegbare draad aflegt, niet één doch meestal enkele tientallen elektrische contacten gesloten. Elke sluiting van een contact resulteert in een aanduiding op de chronograaf. Het gemiddelde van deze tientallen momenten is dan „het" doorgangsmoment van de ster.
Dat was een enorme verbetering en in 1940 gold het zgn. doorgangsinstrument, voorzien van een onpersoonlijke micrometer, nog altijd als het nauwkeurigste instrument.

Primaire metingen – instrumentarium

Vergelijkt men het instrumentarium voor primaire metingen uit 1940 met dat van 1960, dan kan men zonder overdrijving van een enorme

verbetering spreken, die in hoofdzaak te danken is aan de opzienbarende ontwikkelingen in de elektronica.
Deze verbetering is begonnen met de ontwikkeling van de elektronische klok – verder kwartsklok genoemd – die veel regelmatiger blijkt te lopen dan het meest geperfectioneerde slingeruurwerk.
Bij deze kwartsklok wordt gebruik gemaakt van de eigenschap dat een in speciale vorm geslepen kwartskristal, zodra het in trilling wordt gebracht, die trilling uitvoert met een zeer constante frequentie. Deze frequentie is meestal 100 kHz of 1 MHz en wordt langs elektronische weg trapsgewijze gedeeld tot bruikbaarder frequenties (bv. 1000, 60, 50 Hz) om een synchroon uurwerk of een chronograaf te sturen.
Men heeft door onderlinge vergelijking geconstateerd dat zelfs kwartsklokken niet ideaal zijn. Op den duur veranderen nl. de eigenschappen van het kristal, waardoor de trillingsfrequentie ook gaat veranderen. Deze veranderingen treden niet op als men het kristal op zeer lage temperatuur houdt, doch bij de hedendaagse klokken is aan deze voorwaarde niet voldaan. Wat men echter wel in de praktijk doet: men vergelijkt de frequentie van het kwartskristal periodiek met een frequentie die ontstaat bij het in trilling brengen van bepaalde moleculen of atomen. Zonodig corrigeert men de frequentie van het kwartskristal. De ijkfrequentie is constanter dan die van het kwartskristal, doch is helaas niet geschikt om als permanente „motor" voor een klok te dienen.
Deze grote verbetering in de klokconstructie veroorzaakte een aantal verbeteringen in het overige instrumentarium want:

a. Men ging behoefte gevoelen aan een chronograaf, die tot op milliseconden afleesbaar is. In Frankrijk en Zwitserland kwam men tot goede oplossingen. Men laat de chronograaf synchroon lopen met de kwartsklok, terwijl de waarnemingsmomenten in cijfers, dus direct afleesbaar, op een papierstrook worden gedrukt.
b. Tevens ontstond behoefte aan verbetering in de methode om de klok met een tijdsein te vergelijken. De klassieke coïncidentiemethode, waarbij het aankomt op het beoordelen welke klokketik samenvalt met een pip van het uitgezonden tijdsein, is in dit elektronische tijdperk van weinig waarde meer voor primaire metingen.
   Er zijn nu elektronische methoden gevonden waarmee het mogelijk is om de klok met een tijdsein tot op minder dan een halve milliseconde nauwkeurig te vergelijken.

c. De uitzending van tijdseinen werd ook aangepast aan de nieuwe omstandigheden. Men heeft nu stations zoals WWV (U.S.A.), die gedurende de gehele dag standaardfrequenties en secondesignalen uitzenden. In de naaste toekomst wil men meer gaan uitzenden op zeer lage frequenties, omdat de ontvangst daarvan beter is en daarbij minder onzekerheden bestaan omtrent de voortplantingssnelheid van het signaal.
d. Er is ook naarstig gezocht naar verbeteringen van de oude observatie-instrumenten. Het klassieke doorgangsinstrument, voorzien van een onpersoonlijke micrometer wordt nog steeds gebruikt.
Genoemde micrometer bleek echter niet zo onpersoonlijk te zijn als de naam doet vermoeden en daarom werkt men thans ook met een foto-elektrische micrometer. Hierbij is het oog van de waarnemer vervangen door een foto-elektrische cel. In de kijker bevindt zich een metalen plaatje voorzien van fijne spleten. Zodra het sterbeeld het midden van de spleet passeert, is er een maximum aan doorvallend licht. Het moment waarop een dergelijk maximum optreedt, wordt via de fotocel en de nodige versterkers op de chronograaf geregistreerd.

Het doorgangsinstrument heeft van huis uit het nadeel dat het gevoelig is voor uitwendige invloeden. Zo kan het geringste stootje of een kleine temperatuurswisseling tijdens de meting afwijkingen in de meetresultaten veroorzaken die zich niet laten corrigeren. Daardoor hebben de meetresultaten altijd een ietwat grillig karakter, hetgeen des te sterker tot uiting komt met de huidige geperfectioneerde apparatuur voor tijdregistratie.
Ongeveer tien jaar geleden is het Prof. DANJON, directeur van het Observatoire National te Parijs, gelukt een instrument te ontwerpen dat qua stabiliteit en kwaliteit het doorgangsinstrument verre overtreft.
Hierbij is hij uitgegaan van het prisma-astrolabium van CLAUDE en DRIENCOURT, dat ruim vijftig jaar geleden tot ontwikkeling werd gebracht. De meetmethode berust op het bepalen van het moment waarop een ster de hoogte van 60 graden boven de horizon bereikt. Dit oorspronkelijke prisma-astrolabium was echter gedoemd een instrument van de tweede orde te blijven, omdat door optische onvolmaaktheden de meetresultaten te sterk afhingen van de persoon van de waarnemer.

Door twee zgn. Wollestonprisma's op ingenieuze manier in de stralengang van het astrolabium aan te brengen, elimineerde Prof. DANJON de persoonlijke fout van de waarnemer. Bovendien kunnen bij het nieuwe astrolabium 24 tijdwaarnemingen per ster worden gedaan, tegen één tijdwaarneming per ster bij het oorspronkelijke astrolabium.

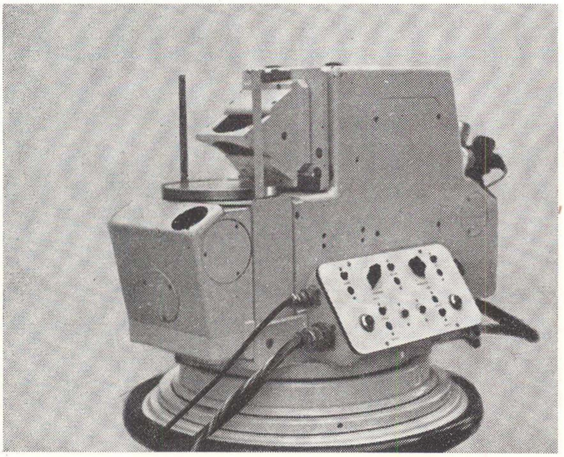


Fig. 2 Astrolabium van Danjon

De eerste serie van 15 instrumenten kwam in 1957 gereed, nog juist op tijd om te worden gebruikt voor de lengte- en breedtebepalingen die in het kader van het Internationaal Geofysisch Jaar werden uitgevoerd.
Er zijn ook instrumenten waarmee men waarnemingen doet op een constante hoogte van 90 graden. Dit zijn de zgn. zenithtelescopen, waarmee de waarnemingen visueel of langs fotografische weg worden verricht.
Uit het bovenstaande korte overzicht moge blijken dat het instrumentarium, dat voor de geodetische astronomie wordt gebruikt, gedurende de laatste tientallen jaren enorm is verbeterd.
Dit geldt vooral voor het instrumentarium waarmee primaire metingen worden uitgevoerd.

TOESTELLEN VOOR ZWAARTEKRACHTSMETING TE LAND EN TER ZEE

DOOR PROF. DR. IR. F. A. VENING MEINESZ

OUD-HOOGLERAAR AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT

OUD-HOOGLERAAR AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE DELFT

De nauwkeurige bepaling der zwaartekracht heeft voor de geodeet grote betekenis. Zoals de schrijver reeds in een vorig lustrumboek uiteengezet heeft, kan men praktisch gesproken alleen langs deze weg de vorm der aarde in haar ligging ten opzichte van het zwaartepunt bepalen. Beperkt men zich tot een meer lokaal probleem, nl. dat der meting van de zogenaamde „absolute schietlood-afwijking", dan is ook dit slechts op deze wijze op te lossen. Het heeft dus alle zin om in het kader door de lustrumboekcommissie van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" voor dit lustrumboek gesteld, een korte beschouwing te wijden aan de geschiedkundige ontwikkeling van toestellen voor de nauwkeurige bepaling van de zwaartekracht.

Het probleem valt in twee gedeelten uiteen: de absolute zwaartekrachtsmeting, waaronder men de bepaling der zwaartekracht verstaat op een willekeurig punt zonder dat daarbij haar waarde in andere punten in beschouwing komt, en de relatieve zwaartekrachtsmeting, waarmee men bedoelt het zwaartekrachtsverschil te bepalen tussen twee punten; men onderstelt hierbij dat dit verschil minder dan 6000 milligal bedraagt, hetwelk het geval is als beide punten op of nabij zeeniveau liggen.*
Soms stelt men zich voor een toestel reeds tevreden, als het bereik een beperkt aantal honderden mgal is.

De eerste opgave is zeer veel moeilijker en langduriger dan de tweede. De absolute zwaartekrachtsbepaling in het begin dezer eeuw in het geodetisch instituut te Potsdam heeft nagenoeg tien jaren geduurd en de

* 1 gal = 1 cm/sec^2. De gemiddelde zwaartekracht bedraagt ongeveer 980 gal.

nauwkeurigheid was niet veel beter dan 3 mgal. Sindsdien is deze bepaling nog enige malen en op verschillende andere punten herhaald en het is waarschijnlijk, dat de Potsdamse bepaling zelfs meer dan 10 mgal onjuist is geweest. Ik wil op deze bepalingen hier niet nader ingaan en slechts vermelden, dat zij meestal door middel van slingerwaarnemingen met reversieslingers is uitgevoerd en dat de grootste moeilijkheid niet ligt in het nauwkeurig genoeg bepalen van de slingertijd doch in de meting van de mathematische lengte van de gebruikte slinger, die immers naast de versnelling *g* van de zwaartekracht in de formule van Huygens voor de slingertijd voorkomt. Buigingsverschijnselen van de slinger en het rollen van het mes over het oplegvlak, waardoor bij de slingering geen zuivere draaiing om een loodrecht op de beweging staande as optreedt, geven hier moeilijke complicaties.
Gelukkig zijn alle gevolgtrekkingen op het gebied der geodesie en der geofysica alleen van de nauwkeurige wetenschap der zwaartekrachtsverschillen afhankelijk, terwijl de absolute waarde slechts veel ruwer bekend behoeft te zijn, zodat het er alleen op aan komt de relatieve zwaartekrachtsmetingen met grote precisie te verrichten. Ik zal mij daarom verder hier alleen met deze metingen bezig houden. Slechts voor de bepaling van het gemiddeld soortelijk gewicht der aarde heeft men de absolute waarde van *g* nodig en hiervoor is extreme nauwkeurigheid overbodig.
Het ligt voor de hand, dat men voor het probleem der relatieve zwaartekrachtsmetingen verschil moet maken tussen de waarnemingen op land en op zee. Voor de laatste is de moeilijkheid grote nauwkeurigheid te bereiken vanzelfsprekend veel groter dan voor de eerste. Los van de storingen veroorzaakt door de scheepsversnellingen, die zich aan het toestel meedelen, doet zich op zee nog het Eötvös-effect voor, waarop reeds in de aanvang dezer eeuw Von Eötvös gewezen heeft. De oost-west snelheid van het schip moet van de snelheid door de aardrotatie afgetrokken worden om de werkelijke snelheid naar het oosten te vinden en men kan dus zeggen, dat de van de zwaartekracht deel uitmakende middelpuntvliedende kracht, die door die snelheid veroorzaakt wordt, door de oost-west snelheid van het schip gewijzigd wordt. Men moet dus voor dit effect corrigeren om de zwaartekracht in een met de aarde verbonden punt te vinden. Deze correctie is aan de equator 4 mgal per km/uur scheepssnelheidscomponent in oost-west richting.

De scheepssnelheid ten opzichte van het water is gewoonlijk voldoende nauwkeurig bekend om in deze correctie geen fout groter dan 1 mgal te veroorzaken, doch in de stroomsnelheidsgegevens, die eveneens in deze correctie ingaan, zijn de onzekerheden gewoonlijk veel groter. Als het schip zich niet in zicht van de wal bevindt, waarop peilingen goede plaatsbepalingen mogelijk maken, doch in volle zee, dan zal de fout in de oost-west snelheid gemakkelijk 1 km/uur bereiken en dikwijls meer. Dientengevolge is een middelbare fout van 3 mgal in het zwaartekrachtsresultaat op een dergelijk punt zeker geen overdreven schatting. Onder deze omstandigheden is er dus geen reden al te veel pogingen in het werk te stellen meetmethoden voor zwaartekrachtsbepaling in volle zee van grote nauwkeurigheid te ontwikkelen.

Alvorens verder op de geschiedenis der zeewaarnemingen in te gaan, moge eerst nog een kort overzicht van de methoden voor landstations volgen. In de vorige eeuw en in het eerste kwart dezer eeuw waren daarvoor nog algemeen slingerwaarnemingen in gebruik, waarbij het feit dat het om relatieve metingen ging, de moeilijkheid der lengtemeting van de slingers ter zijde stelde. De slingers werden eerst op een basisstation, waar de zwaartekracht bekend was, waargenomen en vervolgens op een reeks stations van het op te nemen net, waarna voor controle weer waarnemingen volgden op het basisstation. Meestal werd dit program met meerdere slingers uitgevoerd, waardoor de controle aan het eind nog duidelijker toonde welke slingers de reis ongestoord hadden doorstaan. Op deze wijze kreeg men voor elke slinger het slingertijdsverschil van het op te meten netstation en het basispunt, waaruit met de formule van HUYGENS het zwaartekrachtsverschil volgde. Voor de zwaartekrachtsopname van Nederland in de jaren 1912–1919 werd een Stückrathtoestel gebruikt, waarin vier ten naaste bij synchrone slingers van ongeveer 0,5 sec slingertijd twee aan twee in onderling loodrechte vlakken slingerden. In elk vlak slingerden dus twee slingers, die in Nederland om hierna te noemen redenen meestal tegelijk in gang werden gezet en wel met gelijke amplitude en in tegengestelde fase. Daarna volgde het andere paar op dezelfde wijze.

Alvorens hier echter op in te gaan moge nog een enkel woord aan het algemene systeem der waarnemingen gewijd worden. Elk land dat toentertijd tot een gravimetrische opname besloot, koos een basispunt, dat met een groot aantal relatieve waarnemingen met Potsdam, waar g

absoluut bekend was, zo nauwkeurig mogelijk verbonden werd, zodat ook daar *g* bepaald was. Het land werd dan met waarnemingsreizen van het nationale basispunt uit overdekt. Voor Nederland werd als basispunt een kelder met betonnen vloer in het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut te De Bilt gekozen. Dit punt lag goed centraal en het gebouw was op zand gefundeerd, zodat het niet aan storende grondbewegingen onderhevig was. De waarnemingen op een willekeurig station in Nederland duurden gewoonlijk drie dagen, zodat er meestal twee per week gedurende een waarnemingsreis konden afgedaan worden.
Toen nog vóór de aanvang der waarnemingen en de keuze van De Bilt als Nederlands basispunt de eerste waarnemingen met het slingertoestel in het Geodetisch Instituut aan de Kanaalweg te Delft verricht werden, was gebleken, dat de slingers door grondbewegingen, die zich op het toestel overdroegen, sterk gestoord werden; een slinger, die stil hing, kreeg na enkele minuten reeds een flinke amplitude. Proeven op een punt in de weiden ver van wegen en kanaal gaven hetzelfde resultaat; er was geen verschil te bemerken. Wel was het op dagen zonder wind beter dan op stormachtige dagen. De conclusie moest zijn, dat de grondbewegingen niet lokaal veroorzaakt werden, doch door de golfslag op de kusten; later werd het waarschijnlijk, dat de storingsinvloed op de bodem der Noordzee of de Atlantische Oceaan aangreep. De storende invloed was afwezig, als men het toestel in een op zandgrond gefundeerd gebouw opstelde. Dit leidde tot de keuze van het Nederlandse basispunt in het K.N.M.I. te De Bilt.
Intussen was het duidelijk, dat hiermede nog niet het probleem was opgelost, hoe dan waarnemingen in het gehele westen en noorden van ons land moesten geschieden, waar geen zandfundering mogelijk was. De oplossing van dit probleem werd gevonden door de waarnemingen uit te voeren met twee gelijktijdig met gelijke amplitude en in tegengestelde fase op hetzelfde toestel slingerende slingers; het Stückrathtoestel gaf hiertoe zonder meer de mogelijkheid. Het is gemakkelijk aan te tonen, dat door grondbewegingen veroorzaakte storingen in de slingertijd voor beide aldus slingerende slingers tegengesteld moeten zijn, zodat het gemiddelde der beide slingertijden ongestoord is. Dit werd door de waarnemingen volkomen bevestigd en aldus was de moeilijkheid opgelost. Om de waarnemingsomstandigheden voor alle punten zoveel mogelijk gelijk te doen zijn, werd dit waarnemingssysteem voor alle stations in Nederland, dus

ook voor die op zand liggende, toegepast. De nauwkeurigheid der metingen was ongeveer 1,4 mgal in de zwaartekrachtsverschillen met De Bilt.
Na 1930 begonnen er andere toestellen voor de bepaling der zwaartekracht te komen, die de lange duur der slingerwaarnemingen, nodig om de invloed van de tijdmetergang goed te kunnen bepalen, zouden kunnen verminderen. Zij berustten op de gedachte de zwaartekracht met de erdoor veroorzaakte vervorming van een elastisch systeem te meten. De gedachte was al oud; ook reeds in de vorige eeuw probeerde men het, doch toentertijd kende men nog geen materialen met een tot op een miljoenste constante en reproduceerbare elastische vervorming bij gelijke belasting, zodat deze methode toen nog onuitvoerbaar was. Voorzover het de schrijver bekend is, is het eerste toestel dat aan de eisen voldeed, het Holweck-Lejay slingerapparaatje geweest, dat gemakkelijk transporteerbaar was en waarvan de waarneming reeds in een half uur een nauwkeurigheid van 1 mgal opleverde als er tijdens het transport geen elasticiteitsveranderingen van de veer optraden. Het bestond uit een omgekeerd slingertje van ongeveer 10 cm lengte, steunend op een veer welke zó sterk was, dat het slingertje met een periode van ongeveer 6 sec heen en weer bewoog. Gaat men hiervan de theorie na, dan blijkt, dat men op deze wijze het verschil van g en een voor dit slingertje constante elastische grootheid van gelijke dimensie meet, welk verschil slechts enkele mgal bedraagt. De nauwkeurigheid dezer meting behoeft dus slechts 1/10 000 van dit verschil te zijn om in het resultaat voor de zwaartekracht een precisie van een fractie van een mgal te verkrijgen en zodoende kan de waarneming kort van duur zijn en is het mogelijk als tijdmeter een stophorloge te gebruiken.
Intussen was zich ook een andere groep als de geodeten voor zwaartekrachtsbepalingen gaan interesseren. Voor prospectie maakten de oliemaatschappijen en andere lichamen reeds lang gebruik van torsiebalansen, waarmede men verschillende tweede orde differentiaalquotiënten van de zwaartekrachtspotentiaal meet, waaronder zich ook de gradiënt in het horizontale vlak van de zwaartekracht bevindt. Naarmate men zich echter voor grotere velden ging interesseren, kwam de behoefte op een toestel te hebben om snel de zwaartekracht zelf met de benodigde nauwkeurigheid te bepalen. Dit heeft er stellig toe medegewerkt, dat er een vrij groot aantal elastische gravimeters werd ontwikkeld, waarbij de

verder gevorderde techniek toeliet elasticiteitseigenschappen te bereiken, die voldoende reproduceerbaar en in de tijd constant waren om in de zwaartekrachtsverschillen grote nauwkeurigheid te verkrijgen. Een der eerste bevredigend werkende was de Thijssen-gravimeter, waarbij aan een horizontale balansarm aan de ene zijde een gewicht bevestigd was en aan de andere een verticaal naar onder gerichte veer. Van de sindsdien ontwikkelde wil ik hier noemen de North American, die bij de Bataafse Petroleum Maatschappij zeer algemeen in gebruik kwam, de Worden, die gemakkelijk transportabel is en in geodetische kringen veel gebruikt is, de Gulf gravimeter en de Askania gravimeter, die door de Rijkscommissie voor Geodesie is aangekocht. Voor deze gravimeters blijft het echter gewenst om de elastische eigenschappen onder controle te houden door van tijd tot tijd een bekend zwaartekrachtsverschil tussen twee daarvoor gekozen basispunten opnieuw te meten. Voor grote nauwkeurigheid is daarvoor in Europa een basis Hammerfest-Catania in gebruik en in Noord Amerika eveneens een basis tussen twee punten, waar door groot breedteverschil een groot verschil in zwaartekracht bestaat, nl. Mexico DF-Point Barrow (Alaska). In Nederland wordt wel gebruikt het zwaartekrachtsverschil tussen het basispunt in het K.N.M.I. te De Bilt en een punt in Eindhoven. De nauwkeurigheid dezer gravimeters is, als het om de meting van niet al te grote zwaartekrachtsverschillen gaat, zeer bevredigend; zij ligt tussen 0,1 en 0,01 mgal. Het meetbereik is gewoonlijk beperkt tot een gering aantal malen 100 mgal, doch voor sommigen kan dit meetbereik verzet worden, zodat men voor het meten van grotere verschillen tussenstations kan kiezen, waar meu het meetbereik verzet en dan aldaar opnieuw meet om het aansluitende vak te overspannen.
Keren wij ons thans tot het probleem de zwaartekracht op zee te bepalen. In de aanvang van deze eeuw zijn door een der medewerkers aan het Geodetisch Instituut te Potsdam, Prof. Dr. O. Hecker, pogingen gedaan om dit te doen door op twee wijzen de dampspanning van een gas in een gesloten vat te meten, één methode afhankelijk van de zwaartekracht en de andere daarvan onafhankelijk, zodat men door vergelijking der twee resultaten de zwaartekracht zou kunnen bepalen. De eerste methode was de gewone meting van de dampdruk door de meting van de kwikkolom, waarvan het gewicht evenwicht maakt met de gasspanning. De tweede methode gebruikte de verschuiving van het kookpunt bij ver-

andering van de druk. Helaas heeft deze fraaie gedachte niet tot een bevredigende nauwkeurigheid in het resultaat voor *g* kunnen leiden; er deden zich daarvoor teveel complicaties voor. Hetzelfde was het geval bij de pogingen van HAALCK, die van een tijdens de waarnemingsreis constant gehouden gasmassa op elk waarnemingsstation bij gelijk volume met de kwikkolom, of een andere vloeistofkolom, de spanning mat.

Reeds tijdens de waarnemingen op slappe bodem in Nederland, waarbij de eliminatie der door de bodembewegingen veroorzaakte storingen zo fraai gelukte door het samen laten slingeren van twee slingers in eenzelfde vlak op hetzelfde toestel, was het bij de schrijver opgekomen deze methode ook op zee te trachten toe te passen. Bij een proefvaart van een nieuw schip van de Koninklijke Paketvaart Maatschappij van Amsterdam naar Vlissingen nam hij proeven aan boord om te zien hoeveel amplitude de slingers zouden krijgen. In het Noordzeekanaal bleven deze nog wel binnen toe te laten perken, waarbij met een verdere uitwerking der methode nog wel bruikbare resultaten te verkrijgen zouden zijn, doch op de Noordzee waren de bewegingen te heftig. Bij verdere informatie betreffende scheepsbewegingen bleek, dat een oplossing wellicht met onderzeeboten te bereiken zou zijn; Prof. VAN ITERSON deelde de schrijver mede, dat deze op grotere diepte onderwater varende zeer rustig lagen. Proeven bij Den Helder, waar toen nog de Onderzeedienst der Koninklijke Marine gevestigd was, gaven de allerbeste verwachtingen en dit gaf aanleiding aan te vragen een uitreis met een der boten naar Indië mee te maken.

Half september 1923 voer de schrijver aan boord van Hr. Ms. K II uit, die in een convooi voer met Hr. Ms. K VII en Hr. Ms. K VIII en met het onderzeebootmoederschip Hr. Ms. Pelikaan. De visuele opname van het Stückrath-slingertoestel was voor die reis vervangen door een fotografische registratie, waarbij tijdens de waarneming de vier slingers continu registreerden en de secunde-tijdmerken in de curven door onderbrekingen zichtbaar waren. Daar tijdens de reis de hoekbewegingen van het schip ook in ondergedoken toestand nog te groot bleken, werd tijdens het eerste oponthoud op de marinewerf in Gibraltar voor het slingertoestel een ophanging gemaakt en sindsdien gelukte het bruikbare registraties te verkrijgen. De uitwerking der registraties was nog moeizaam, daar de slingers uitermate grillige curven gaven en de eliminatie der storingen tijdrovend was. Het gelukte echter betrouwbare resultaten te

bereiken, al was het eindresultaat voor g natuurlijk nooit beter dan de hiervoren genoemde onzekerheid van 3 mgal; soms was deze nog iets groter.

Hiermede was dus in beginsel het vraagstuk opgelost en werd daardoor de vormbepaling van de aarde langs gravimetrische weg mogelijk, ook van de zeegedeelten van het aardoppervlak. Na thuiskomst werd een nieuwe uitreis naar Indië aangevraagd, nl. via Panama naar Indië en deze had in 1926–1927 plaats. Een nieuw slingertoestel was intussen geconstrueerd, waarbij het verschil der uitwijkingshoeken van de twee samenwerkende slingers direct wordt geregistreerd. Het is gemakkelijk in te zien, dat dit verschil vrij is van het effect der hoofdstoring door de scheepsversnellingen, nl. van dat der horizontale versnellingen; de registratie ervan ziet er uit alsof zij van een ongestoorde slinger afkomstig is. Met zijn drie in één vlak slingerende slingers levert het toestel twee dergelijke ongestoorde verschilregistraties op. Het gehele slingertoestel is samen met het fotografisch registratietoestel cardanisch opgehangen.

Met dit toestel heeft schrijver dezes op meer dan duizend zeestations bevredigende waarnemingen uitgevoerd en anderen hebben daaraan met copieën van dit toestel nog vele duizenden waarnemingen toegevoegd. De waarneming van de ongestoorde slingertijd heeft een nauwkeurigheid van ongeveer 1 mgal, doch hier moet natuurlijk het effect van de onzekerheid op volle zee van de oost-west snelheid bijgeteld worden. In de gegeven middelbare fout is inbegrepen wat nog volgt uit tweede orde correcties, waarvoor later nog een hulptoestel bij het hoofdtoestel is aangebracht.

In de laatste paar jaren is aan deze methode om de zwaartekracht op zee te meten een nieuwe toegevoegd. Met behulp van wat de moderne techniek mogelijk maakt is het Graf gelukt een gyroscopisch gestabiliseerd platform aan boord van een schip aan te brengen, dat zich op zeer kleine afwijkingen na loodrecht ingesteld houdt op de gemiddelde schijnbare zwaartekracht en deze mag als identiek beschouwd worden met de gemiddelde ware zwaartekracht. Daarvoor is het inderdaad nodig de bewegingen van dit platform bijzonder sterk te dempen, zodat het bewegingen met de perioden van lange golven, d.w.z. van tientallen secunden, wegdempt. Op dit platform is een doorlopend registrerende, eveneens sterk gedempte elastische gravimeter aangebracht, zodat het in de registratie niet moeilijk is van de kleine schommelingen in de aanwijzing

de middelwaarde te nemen. Met dit nieuwe toestel zijn vele waarnemingen van *g* op zeestations verricht, waar met het bovengenoemde drieslingertoestel de zwaartekracht reeds bepaald was en de resultaten waren zeer bevredigend; zij vertoonden geen enkele systematische afwijking. Dit geeft veel vertrouwen in de resultaten van beide toestellen, die langs zozeer verschillende wegen de zwaartekracht meten.

Het nieuwe toestel heeft een groot voordeel op het oude; het geeft met slechts enkele snel aan te brengen correcties direct de zwaartekracht in een continue curve langs de route van het schip, terwijl de reductie der slingerwaarnemingen per station verschillende uren nam en de zwaartekracht slechts op die stations gemeten werd.

Wel moeten natuurlijk ook aan de waarden, die door het nieuwe toestel aangegeven worden, nog de Eötvös-correcties toegevoegd worden en blijft daaraan voor stations op volle zee de onzekerheid van tenminste 3 mgal kleven. Toegevoegd moet verder nog worden, dat bij zeer onrustige zee het nieuwe toestel aan de oppervlakte geen betrouwbare resultaten meer kan geven, doch sinds kort worden ook exemplaren in de handel gebracht, die klein genoeg zijn om in onderzeeboten aangebracht te kunnen worden. In dat geval heeft men slechts deze grens, die ook voor het slingertoestel geldt, dat de zee niet zó onstuimig moet zijn, dat het onderwatergaan niet meer uitvoerbaar is; dit geval doet zich slechts bij windkrachten van 9 of meer voor.

VORMBEPALING VAN DE AARDE DOOR MIDDEL VAN WAARNEMINGEN VAN AARDSATELLIETEN

DOOR IR. J. ROLFF

CHIEF-ENGINEER BIJ HET SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY, CAMBRIDGE (U.S.A.)

In oude leerboeken over geodesie en zeevaartkunde vindt men reeds methoden beschreven die aangeven, hoe men geografische posities kan bepalen door middel van waarnemingen van de maan. Men deed dat vroeger door te meten op welke hoogte en op welk tijdstip de maan de meridiaan passeert. Ook verschijnselen als zonsverduisteringen en sterbedekkingen door de maan werden reeds gebruikt voor de geografische positiebepaling. De verkregen resultaten waren evenwel onnauwkeurig, doordat niet exact genoeg bepaald kon worden, op welk moment de waar te nemen verschijnselen optraden. De grote verbeteringen in de fotografische techniek en in de tijdregistratie gedurende de laatste decennia hebben het mogelijk gemaakt de waarnemingsnauwkeurigheid aanzienlijk op te voeren.

De tegenwoordig gebruikte waarnemingsmethode bestaat uit het fotograferen van de maan tegen een achtergrond van sterren. Een voordeel van deze methode is dat er geen niveau's e.d. bij te pas komen, zodat men resultaten verkrijgt die geheel vrij zijn van de invloed van schietloodafwijkingen.

Het instrument dat gebruikt wordt, de Dual Rate Moon Position Camera, is ontworpen door de Amerikaan Dr. MARKOWITZ. Om een voldoend aantal sterren op de fotografische plaat te krijgen moeten die van de negende magnitude nog op het beeld te zien zijn. De daarvoor benodigde belichtingstijd is dienovereenkomstig lang. Tijdens die lange belichtingstijd wordt bij de maancamera van MARKOWITZ de fotografische plaat zodanig verschoven, dat de zich verplaatsende sterren toch als puntjes

worden afgebeeld. Vlak voor de fotografische plaat en op de plaats waar het maanbeeld wordt gevormd, bevindt zich een planparallelle plaat ter grootte van dat maanbeeld. Deze planplaat is als filter uitgevoerd en dient om overstraling door het overvloedige maanlicht op de fotografische plaat te verhinderen. De beweging van de maan ten opzichte van de sterren wordt gecompenseerd door genoemde planplaat tijdens de opname te laten draaien. Op deze wijze verkrijgt men ook een scherpe afbeelding van de maan.

Door op de fotografische plaat de afstand te meten tussen de maanrand en de omliggende sterren vindt men uiteindelijk de coördinaten van het middelpunt van de maan. Deze coördinaten zijn de rechte klimming en de declinatie, die afhankelijk zijn van de plaats en tijd van waarneming. Zijn nu de rechte klimming, de declinatie en de tijd van waarneming bekend, dan kan men daaruit de coördinaten van de waarnemingsplaats berekenen.

Bij deze berekening gaat men uit van een rechthoekig coördinatenstelsel, waarvan de oorsprong samenvalt met het middelpunt der aarde. Veronderstelt men de baan van de maan als bekend dan kan men de positie welke de maan op het waarnemingsmoment innam, uitdrukken in een x, y en z coördinaat. Uit tenminste twee fotografische opnamen van de maan vanuit dezelfde standplaats zijn de rechthoekige coördinaten van die standplaats te berekenen. Reduceert men vervolgens die berekende coördinaten tot gemiddeld zeeniveau, dan heeft men een punt van de gezochte geoïde gevonden. Door op meerdere plaatsen op aarde dergelijke waarnemingen te doen vindt men dus meerdere punten van de geoïde, waarna tot vormbepaling daarvan kan worden overgegaan. Terwille van de duidelijkheid is de berekeningsmethode hier vereenvoudigd voorgesteld.

Behalve bij de vormbepaling van de aarde speelt de maan ook een grote rol bij de tijdbepaling. Sinds lang heeft men de eenheid van tijd gebaseerd op de periode die de aarde er over doet om een keer om haar as te draaien. Men heeft evenwel kunnen vaststellen dat die periode iets varieert en daarom gaat men nu liever uit van een meer constante periode en wel die, waarin de maan een gehele omwenteling om de aarde maakt.

Ook voor deze tijdbepalingen wordt de maancamera van Markowitz gebruikt.

Tot nu toe is alleen gesproken over de vormbepaling van de aarde door middel van waarnemingen van de „echte" maan. De vormbepaling uit waarnemingen van kunstmanen gaat op overeenkomstige manier: vanuit dezelfde standplaats fotografeert men op verschillende tijdstippen de satelliet tegen een achtergrond van sterren. Dit levert de nodige gegevens op om de geocentrische coördinaten van die standplaats te berekenen. Doet men deze waarnemingen vanuit meerdere stations op aarde en reduceert men de gevonden coördinaten weer tot zeeniveau dan verkrijgt men een aantal punten van de geoïde, waarvan de vorm vervolgens te bepalen is. Bij deze methode is verondersteld, dat de positie van de satelliet ten opzichte van het middelpunt van de aarde bekend is op het moment van waarneming.
Ook het volgende is belangrijk voor de geodesie:

> Fotografeert men vanuit twee of meerdere stations zo gelijktijdig mogelijk dezelfde satelliet, dan levert dit de gegevens op om de onderlinge afstand tussen die waarnemingsstations te berekenen. Door een juiste keuze van de plaats der waarnemingsstations schept men de mogelijkheid onderling slecht verbonden driehoeksnetten – b.v. op verschillende continenten gelegen – beter met elkaar te gaan verbinden. Behalve de vorm kan men dus ook de afmetingen van de aarde uit satellietwaarnemingen bepalen.
>
> De afplatting van de aarde aan de polen heeft invloed op het gedrag van het baanvlak waarin de satelliet zich beweegt. Deze invloed is te berekenen. Omgekeerd heeft men uit het gedrag van het baanvlak (de zgn. precessie) een waarde kunnen bepalen voor de afplatting van de aarde aan de polen.
>
> Ongelijkmatige massaverdeling in het inwendige der aarde beïnvloedt het gedrag van de satelliet eveneens. Omgekeerd kan men uit het gedrag van de satelliet een inzicht verkrijgen omtrent die ongelijkmatige massaverdeling. Men is langs deze weg tot de conclusie gekomen dat de aarde niet symmetrisch is t.o.v. de evenaar en enigszins een peervorm heeft. Men kwam tot deze gevolgtrekking nadat de invloeden, ontstaan door andere storingsbronnen, in rekening waren gebracht.

Enige van die storingsbronnen zijn: de kleine, doch niet te verwaarlozen luchtweerstand welke de satelliet ondervindt, de stralingsdruk van de zon en de aantrekkingskracht die zon en maan op de satelliet uitoefenen.

Uitbarstingen op de zon veroorzaken een tijdelijke en plaatselijke uitstulping van de hogere luchtlagen, waardoor de snelheid van de satelliet ook wordt beïnvloed.
Tenslotte nog iets over het instrumentarium. In het Satellite Tracking Program, uitgevoerd door Smithsonian Astrophysical Observatory, wordt gewerkt met een speciaal voor dit doel ontworpen camera, die zeer lichtsterk is (*f*/1) en een lensopening heeft van 50 centimeter. Omdat de meeste satellieten lichtzwak zijn (magnitude 7 of hoger) en dikwijls met een aanzienlijke hoeksnelheid „langs komen", volgt de camera de satelliet. De satelliet blijft op deze manier zo goed mogelijk op dezelfde plaats van de film geprojecteerd, hetgeen de meeste kans biedt op een duidelijke afbeelding. Zo wordt een bolvormige kunstmaan van 50 centimeter doorsnede en op 4000 kilometer afstand nog gemakkelijk gefotografeerd. Door de volgbeweging die de camera ook tijdens de belichtingstijden van de film uitvoert, worden de sterren als streepjes en de satelliet als een puntje afgebeeld. De volgsnelheid is op alle waarden in te stellen tussen 0 en 7000 boogseconden per tijdseconde. Ook de belichtingstijden zijn naar keuze in te stellen. Het veld van de camera is 30 bij 5 graden.
Omdat de satelliet zich zo snel verplaatst is het zeer belangrijk te weten op welk tijdstip de opnamen worden gemaakt. Precies tijdens het midden van een belichtingsperiode wordt de stand van een klok op de film afgebeeld. Deze klok (de zgn. Slave Clock) is aan de camera gemonteerd. Hij loopt synchroon met een op de waarnemingspost opgestelde kwartsklok (de zgn. Master Clock). Deze Master wordt dagelijks vergeleken met de WWV-tijdsignalen, zodat de op de film voorkomende tijden tot WWV-tijd kunnen worden herleid.
De Smithsonian Optical Satellite Tracking Stations bevinden zich in de beide Amerika's, Spanje, Iran, India, Zuid-Afrika, Australië, Hawaii en Japan. De talrijke waarnemingen, op deze twaalf stations uitgevoerd, hebben reeds bijgedragen tot vermeerdering der kennis omtrent de vorm en afmetingen van de aarde. Men verwacht nog belangrijker resultaten te bereiken zodra waarnemingen gedaan kunnen worden van een nieuwe kunstmaan. Deze hoopt men binnenkort te lanceren en zal de aarde op grotere hoogte omcirkelen dan de huidige kunstmanen.

DE LUCHTOPNAME IN DE FOTOGRAMMETRIE

DOOR IR. F. L. CORTEN

INTERNATIONAAL OPLEIDINGSCENTRUM VOOR LUCHTKAARTERING
TE DELFT

De fotogrammetrie is de wetenschap en de techniek welke door middel van enkelvoudige of van stereoscopische foto's of fotogrammen de vorm en de afmetingen van voorwerpen kan bepalen. Bovengenoemde definitie wordt tot uitdrukking gebracht door het woord „fotogram-metrie'' waarmede bedoeld wordt dat deze techniek zich baseert op het meten van fotogrammen. In dit verband wordt onder „fotogram'' verstaan een foto waarvan de „elementen van inwendige oriëntering'' bekend zijn.
Deze elementen zijn: de gekalibreerde waarde van de beeldafstand der camera en de ligging van het hoofdpunt van het beeldvlak ten opzichte van een assenstelsel dat gedefinieerd wordt door de randmerken van dit beeldvlak. Het meten en bepalen der inwendige oriënteringselementen wordt ook genoemd „kalibrering'' der camera.
Uit het bovenstaande volgt dat voor luchtopnamen de principiële eis gesteld moet worden dat zij gemaakt zijn met een gekalibreerde camera.
Om voor de praktijk der luchtkaartering nuttig te zijn, moet een goede luchtopname echter ook voldoen aan de eis dat de beeldkwaliteit zo hoog is als maar enigszins mogelijk is. Dit houdt verband met de keuze van de fotoschaal: voor een bepaald soort kaartering immers moeten bepaalde terreindetails goed herkenbaar zijn afgebeeld. Indien men bij de keuze van de te gebruiken fotoschaal de vlieghoogte te groot en dus de fotoschaal te klein zou nemen, zullen bepaalde details niet meer voldoende duidelijk in het beeld herkenbaar zijn. De kleinste nog bruikbare fotoschaal wordt niet alleen bepaald door het soort terreindetail dat gekaarteerd zal moeten worden, maar ook door de kwaliteit (d.w.z. de betere of slechtere scherpte) van het luchtfotografische beeld. Aangezien de te verrichten hoeveelheid kaarteringswerk sterk afhankelijk is van het

aantal foto's dat nodig is om een bepaald project in beeld te brengen en aangezien dit aantal foto's uiteraard afhankelijk is van het kwadraat der te kiezen fotoschaal, zal het duidelijk zijn dat op economische wijze uitsluitend gewerkt kan worden met foto's welke aan de hoogste kwaliteitseisen voldoen. Aan bovenstaande overwegingen kan nog een derde praktische eis worden toegevoegd: om operationele redenen is het noodzakelijk dat de luchtcamera van zodanige mechanische betrouwbaarheid is dat weigeringen of fouten in het functioneren praktisch uitgesloten zijn. Moderne luchtkaarteringscamera's zijn dan ook uitgegroeid tot precisie-instrumenten die aan zeer hoge eisen voldoen.
Het zal aan de lezer bekend zijn dat de uitwerking van de luchtfoto's tot kaarten vaak op zodanige wijze ter hand wordt genomen dat één, twee of meer foto's in een kaarteringsapparaat zo ten opzichte van elkaar worden georiënteerd dat de resulterende stralenbundel in het kaarteringsapparaat identiek is aan de stralenbundel welke op het moment van opneming de luchtfoto vormde. De elementen die nodig zijn om de oriëntering der foto's relatief ten opzichte van elkaar correct uit te voeren kunnen aan de foto's zelf worden ontleend; voor de vorming van een stereoscopisch model uit een fotopaar zijn dus geen speciale terreingegevens nodig. Daarnaast is het echter noodzakelijk om het in een kaarteringsinstrument gevormde terreinmodel gelijkvormig te maken aan het oorspronkelijk opgenomen terrein en daarom is paspuntsbepaling noodzakelijk om de absolute oriëntering van het terreinmodel mogelijk te maken. Deze paspuntsbepaling is een belangrijke tijdfactor en kostenfactor in het bewerkingsproces der luchtkaartering; in de instrumentatie bij de luchtfotografie zien wij dan ook methoden die er op gericht zijn om ofwel de terrestrische paspuntsbepaling zoveel mogelijk te reduceren ofwel om de voortplanting van fouten binnen enge grenzen te houden wanneer de paspuntsbepaling door middel van aerotriangulatie geschiedt. Bij de hierbedoelde methoden is het streven er op gericht om zo nauwkeurig mogelijk de ruimtelijke oriëntering van de opnemingscamera te bepalen en synchroon met de fotografische opneming te registreren.

1 *Ontwikkeling der instrumentatie*

De hedendaagse luchtopneming is successievelijk gegroeid uit de terrestrische opneming. De eerste pogingen om vorm en grootte van voorwerpen te reconstrueren uit een of meer centrale projecties dateren van 1726

toen CAPELLER vanuit verschillende standpunten het Pilatus bergmassief tekende teneinde uit deze benaderde centrale projecties een kaart te construeren.
Het werd echter pas na de uitvinding der fotografie door NIÉPCE en DAGUERRE mogelijk om een beeld van zulk een centrale projectie op meer exacte wijze vast te leggen. De eerste fotogrammetrische camera ontstond in 1859 dank zij LAUSSEDAT die daarmede feitelijk verantwoordelijk werd voor de geboorte van de fotogrammetrie. Deze nieuwe techniek werd tot na de eerste wereldoorlog bijna uitsluitend bedreven in de vorm van terrestrische opneming en kaartering van plaatselijke stukken bergterrein. Weliswaar bouwden MESSTER, BAGLEY en BROCK luchtcamera's gedurende de eerste wereldoorlog, doch de veelzijdige toepassing der luchtkaartering begon pas in de periode rond 1930, nadat de vliegtuigen meer geperfectioneerd waren en nadat (in 1933) Zeiss de eerste „wijdzicht" camera met Topogonlens gebouwd had. Behalve in Duitsland werden wijdzichtcamera's gebouwd in Rusland (met Russarobjectief), in Engeland door Williamson (met Ross Wide-angle survey lens), en in de U.S.A. door Fairchild (met Bausch and Lomb Metrogonlens). Laatstgenoemde type camera heeft in de tweede wereldoorlog een grote rol gespeeld: tachtig procent van de informatie welke door de geallieerden omtrent hun tegenstanders verkregen werd was afkomstig van de miljoenen foto's welke gedurende vier jaren met deze luchtcamera's waren genomen. Na de tweede wereldoorlog bleek het mogelijk om de kwaliteit der wijdzichtobjectieven aanmerkelijk te verbeteren; dit stelt echter zulke hoge eisen aan ontwerper en vervaardiger der optiek dat in de strijd om de suprematie thans slechts zijn overgebleven luchtcamera's der firma's Wild, Zeiss, Fairchild en Hilger-Watts.
Tegelijkertijd heeft zich ook een stormachtige ontwikkeling voltrokken bij de voertuigen die in de luchtkaartering gebruikt zijn. Nadat in 1859 de eerste luchtfoto door NADAR (artiestennaam van TOURNACHON) gemaakt was vanuit een ballon boven Parijs, werd o.a. geëxperimenteerd met vliegers en postduiven als dragers der luchtcamera. De ontwikkeling der vliegtuigen gedurende de eerste wereldoorlog maakte het mogelijk om daarna grotere gebieden op systematische wijze op te nemen in de vorm van parallelle vliegstroken, waarin de opeenvolgende opnamen onderling ca. 60% overlapping vertonen. Gedurende lange tijd en ook nog heden worden de meeste kaarteringsopnemingen gemaakt vanuit

tweemotorige vliegtuigen van middelmatige grootte en betrekkelijk lage vliegsnelheid. Voor militaire verkenningsvluchten worden uiteraard geheel andere vliegtuigen ingezet zoals snelle, zeer laag vliegende straaljagers en grote zeer hoog vliegende verkenningsvliegtuigen. In hoeverre raketprojectielen en kunstmatige satellieten als dragers der luchtcamera in aanmerking kunnen komen zal de toekomst moeten leren.

2 *De instrumentatie in de hedendaagse luchtfotografie*

Wij gaan thans in het kort na welke camera, welke fotografische materialen en welke methodes ter bepaling van de camera-oriëntering tijdens de vlucht gebruikt worden bij de produktie van luchtfoto's ten behoeve der civiele kaartering.

2.1 *Camera's*

Een der belangrijkste criteria bij de keuze der opnamecamera is de verhouding van de opnemingsbasis (afstand tussen twee opeenvolgende opnemingsstations) tot de vlieghoogte; de waarde van deze verhouding speelt immers een grote rol bij de te bereiken nauwkeurigheid in de hoogtemeting. Indien deze nauwkeurigheid groot moet zijn, zal de brandpuntsafstand klein moeten zijn ten opzichte van het gebruikte beeldformaat en daarom valt vaak de keuze op een wijdzicht camera. Hierbij is de brandpuntsafstand f circa $^2/_3$ van het beeldformaat. Aangezien dat in vele gevallen 23×23 cm ($9'' \times 9''$) is, zal in die gevallen een f van circa 15 cm (6″) gekozen worden. De maximum beeldhoek is hierbij circa 90°. In die gevallen waar de planimetrische nauwkeurigheid hogere eisen zal stellen dan de nauwkeurigheid der hoogtemeting, zal een relatief langere brandpuntsafstand gekozen worden. Dit is b.v. het geval bij fotografische opneming ten behoeve van kadastrale plans, ter constructie van fotomozaïeken etc. Ook een relatief veel kleinere brandpuntsafstand wordt in bepaalde gevallen gekozen; de Wild superwijdzicht camera b.v. heeft een beeldhoek van 120°, doordat haar Super Aviogon lens voor een beeldformaat van 23 cm een brandpuntsafstand $f = 88{,}5$ mm heeft.

Indien een filmcamera gebruikt wordt moet de film-aanzuigplaat vlak zijn binnen een tolerantie van 0,01 mm. Zowel bij filmcamera's als bij platencamera's behoren randmerken aanwezig te zijn om de ligging van het hoofdpunt aan te geven.

Een fotogrammetrische camera behoort gekalibreerd te zijn, zodat de ligging van het hoofdpunt ten opzichte van de randmerken bekend is met een tolerantie van 0,01 mm, de gekalibreerde beeldafstand („principal distance") berekend is eveneens binnen 0,01 mm en de lensvertekening bekend is in microns.
Een luchtcamera behoort voorzien te zijn van een centrale sluiter welke een grote efficiënte werkingsgraad heeft en belichtingstijden van 0,01 tot 0,001 sec toelaat. Langere belichtingstijden zijn uiteraard uitgesloten, vanwege het gevaar van onscherpte ontstaan door beweging in de vlucht. Om dezelfde reden moet de camera ook volkomen trillingsvrij in haar ophanging gemonteerd worden, waarbij de werkingsgraad der trillingsdemping aan elk type vliegtuig afzonderlijk dient aangepast te worden. De ophanging is cardanisch uitgevoerd zodat de camera-as kan ingesteld worden in een zo goed mogelijk verticale stand. De verticaliteit is een belangrijk punt waarop wij later nog terugkomen.
De bediening van deze camera's met betrekking tot de sluiter, het filmtransport, vacuümbediening, verlichting van randmerken, verlichting van hulpinstrumenten, tijdsinterval tussen twee opnemingen, enz., geschiedt geheel elektrisch en automatisch; aan de elektrisch-mechanische constructie van de moderne luchtcamera worden zeer hoge eisen gesteld. Dit, tezamen met de hoge eisen aan meetkundige nauwkeurigheid en aan beeldkwaliteit, maakt dat luchtcamera's precisie-instrumenten zijn van hoge waarde.

2.2 *Fotografische materialen*

In de luchtfotografie worden speciale materialen gebruikt waarvan wij in dit verband de beeldvormingseigenschappen der emulsies buiten beschouwing zullen laten en ons beperken tot een opmerking betreffende de maatvastheid.
In de meeste gevallen wordt als negatief-opnemingsmateriaal film gebruikt op rollen van 60, 100 of 150 m lengte. De breedte is meestal 12 of 19 of 24 cm. De filmbasis waarop de emulsie gegoten is, is uiteraard plastisch materiaal en qualitate qua niet absoluut maatvast. Zij is onderhevig aan dimensie-veranderingen die zowel veroorzaakt worden door temperatuurverschillen als door vochtverschillen alsook door mechanische spanningen. Het is onmogelijk om deze foutenveroorzakende factoren geheel te vermijden tijdens het opnemings- en ontwikkelingsproces,

immers, de film moet in de camera getransporteerd, op- en afgerold worden en moet daarna in waterige oplossingen ontwikkeld en in een luchtstroom gedroogd worden. Deze bewerkingen hebben dimensievariaties ten gevolge welke geen ernstige consequenties hebben inzoverre ze volkomen regelmatig zijn; hun invloed is dan immers equivalent aan een gelijkmatige vergroting of verkleining, d.w.z. komt slechts tot uiting in een regelmatige schaal-variatie. Inzoverre deze invloeden echter onregelmatig werken, zullen ze ook onregelmatig dimensie-variaties ten gevolge hebben en ze introduceren derhalve meetkundige onnauwkeurigheden, welke steeds enkele honderdsten millimeters zullen bedragen maar in sommige gevallen oplopen tot enkele tienden millimeters. Uiterst zorgvuldige en volkomen gelijkmatige behandeling van de film zal deze waarden meestal klein houden maar garantie kan hiervoor niet gegeven worden. Om deze redenen worden soms glasplaten als opnemingsmateriaal gebruikt; de camera's moeten hiervoor uiteraard speciaal geconstrueerd zijn en de glasplaten moeten dan aan zeer hoge eisen van vlakheid voldoen. De tolerantie hiervoor bedraagt 0,01 mm.

2.3 *Methodes ter bepaling van de uitwendige oriëntering der opnemingscamera op het moment der opneming*

De positie en oriëntering van elk opnemingscentrum wordt gekarakteriseerd door drie coördinaten en door drie hoekwaarden. Sommige dezer uitwendige oriënteringselementen kunnen tijdens de vlucht gemeten en geregistreerd worden alhoewel het in vele gevallen nog niet mogelijk is om dit te verrichten met een nauwkeurigheid die voor een economische verwerking ideaal geacht moet worden. De instrumentatie voor deze bepalingen is ten dele optisch en ten dele elektronisch. Voorbeelden van optische methodes zijn het fotograferen der horizon om uit deze horizonfoto's de inclinatie der optische as te kunnen bepalen en Santoni's zonneperiscoop methode; voorbeelden van elektronische methodes zijn: radarmethodes ter bepaling van de planimetrische positie van het vliegtuig op het moment der opneming, de radar hoogtemeter, gyroscopische regeling der verticaliteit van de optische as der camera, enz.

2.3.1 *Instrumenten ter bepaling van de planimetrische positie van het opnemingsvliegtuig*

De belangrijkste methodes die hiervoor in aanmerking komen zijn radar-

methodes zoals Shoran, Hiran en eveneens de Decca Navigator methode. Hierbij worden grondstations op enkele bekende punten in het terrein geplaatst waarna door middel van afstandsmetingen de plaats van het vliegtuig bepaald kan worden ten opzichte van deze bekende grondstations; uiteraard moeten deze metingen geregistreerd worden synchroon met de verticale luchtopneming. Een dergelijke methode is ook Aerodist, een instrumentatie welke ontwikkeld is uit de tellurometer. De nauwkeurigheid welke met deze methodes bereikt wordt is over het algemeen slechts voldoende voor kleinschalige kaarteringen. Een radarplaatsbepalingsmethode die speciale merite's heeft voor de kaarteringsnavigatie berust op het Doppler principe en werkt zonder grondstations.

2.3.2 *Bepaling van de hoogte en van hoogteverschillen*

Hiervoor bestaan zowel barometrische als elektronische methodes. Een directe bepaling van de vlieghoogte in absolute zin is onmogelijk; een veel gebruikte methode is de meting van de statische luchtdruk tijdens de vlucht en het gebruik maken van de betrekking tussen deze luchtdruk en de hoogte boven het aardoppervlak waarop deze luchtdruk gemeten wordt. Een barometrische hoogtemeter meet luchtdruk doch is geijkt in hoogten boven zeeniveau; deze ijking is uitgevoerd op grond van een aangenomen standaardatmosfeer, doch een groot aantal correcties moet toegepast worden om een dergelijke meting redelijk betrouwbaar te maken. Helaas zijn vele van de gegevens die voor de toepassing van deze correcties nodig zouden zijn niet bekend, zodat een barometrische hoogtemeting in de meeste gevallen niet nauwkeuriger is dan 2% van de vlieghoogte.

Een veel grotere nauwkeurigheid kan de statoscoop bereiken; dit instrument meet luchtdrukverschillen tussen twee opeenvolgende opnamestations; het bestaat in feite uit een microbarometer die met grote nauwkeurigheid kleine luchtdrukverschillen ten opzichte van een isobarenvlak meet en synchroon met de hoofdopnamen registreert. Inzoverre dit isobarenvlak horizontaal ligt, kunnen deze luchtdrukverschillen, na toepassing van enkele eenvoudige correcties, direct geïnterpreteerd worden als verschillen in vlieghoogte (en dus ook in opnemingsschaal) van de opeenvolgende opnamen. Het is mogelijk om met behulp van deze methode een middelbare fout van slechts 2 m te bereiken.

Met behulp van een radarhoogtemeter kunnen de afstanden van het

vliegtuig tot het terreinoppervlak continu worden gemeten en geregistreerd; indien het vliegtuig volkomen horizontaal vliegt is deze registratie equivalent aan het profiel van het bevlogen terrein. Om goede resultaten te bereiken moeten een aantal correcties worden toegepast zoals de afwijking van een constante vlieghoogte, (te meten en te registreren d.m.v. een statoscoop), het richten van de radarstraal zodanig dat nauwkeurig in verticale richting gemeten wordt (dit geschiedt door middel van gyroscopen, welke de radarreflector nauwkeurig in verticale stand houden, onafhankelijk van de vliegtuigbewegingen), synchronisatie van de radarregistratie met de fotografische hoofdopname, enz. De nauwkeurigheid dezer metingen wordt tevens beïnvloed door de aard van het oppervlak van het terrein of begroeiing; indien dit oppervlak hard is voor radarstralen, kunnen terreinprofielen geregistreerd worden met middelbare fouten welke niet groter zijn dan circa 3 m.

2.3.3 *Bepaling der hoekcoördinaten van de camera, resp. verticaliteit der opnemingsas*

Dit is een der belangrijkste maar ook een der moeilijkste problemen der luchtfotografie mede omdat het begrip „verticaliteit" vager wordt naarmate men zich verder van de aardoppervlakte de ruimte in begeeft. De vele versnellingen waaraan een vliegtuig onderworpen is maken het onmogelijk om hieruit nauwkeurig de richting der versnelling van de zwaartekracht te isoleren. Als fysische metingen die toch tot het gewenste doel kunnen voeren noemen wij: de fotografische registratie van de richting der zon, het gebruik van de horizon als oriënteringselement, en het gebruik van de traagheid in de ruimte door middel van gyroscopen en inertia-navigatie methodes.

Indien men synchroon met de verticale hoofdopneming nauwkeurig de richting van de zon fotografeert ofwel de richting van de horizon, is het mogelijk om uit deze gegevens af te leiden, welke de stand van het vliegtuig en opnemingscamera waren op het moment van opneming; het is voor de fotogrammetrie vaak voldoende om de relatieve waarde hiervan te weten, d.w.z. welke de afwijkingen in verticaliteit van de optische as waren tussen opeenvolgende hoofdopnamen. Deze methodes welke relatief eenvoudig uit te voeren zijn kunnen toch een verwonderlijk hoge nauwkeurigheid bereiken, nl. middelbare fouten van niet meer dan 3^c.

Onder invloed van de raket- en satellietprogramma's zijn gedurende de

laatste jaren ook gyroscopen en traagheidsnavigatie-instrumenten ontwikkeld welke aan zeer hoge eisen voldoen. Ofschoon op dit gebied de nieuwste resultaten niet gepubliceerd zijn kunnen we toch aannemen, dat de middelbare fouten in de registratie van de richting of van de verticaal waarden van 3^c niet te boven behoeven te gaan.

3. *Toekomstmogelijkheden*

Het is uiteraard steeds een hachelijke onderneming om gissingen te doen met betrekking tot mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Niettemin willen wij dit artikel niet zonder enkele aanwijzingen in deze richting besluiten. Wat betreft de fotogrammetrische camera's en het luchtfotografische beeld kunnen wij in de toekomst verwachten dat enkele der beste fabrikanten ertoe zullen overgaan om op het moment der opneming behalve het terreinbeeld ook een rooster van punten in het negatiefvlak af te beelden. Daardoor wordt het mogelijk om coördinaten van beeldpunten ten opzichte van dit puntrooster te meten, waardoor niet alleen stereocomparatormetingen op eenvoudiger wijze kunnen worden uitgevoerd, maar waardoor vooral ook de invloed van onregelmatige rek en krimp in de film teruggebracht kan worden tot waarden die in de fotogrammetrie niet meer storend zijn. Er valt bij de luchtcamera's tevens een streven waar te nemen het beeldformaat tot 12×12 cm te verkleinen. Wat betreft de beeldkwaliteit kunnen wij verwachten dat deze successievelijk verder verbeterd zal worden, mede gestimuleerd door de toepassing der nieuwere contrasttransmissietheorie; deze kan ook onze inzichten omtrent de beeldvorming aanmerkelijk verbeteren. Ofschoon er reeds enkele superwijdzicht lenzen in de fotogrammetrie gebruikt worden kunnen wij verwachten dat de produktie en de toepassing hiervan uitbreiding zal ondergaan.

Wat betreft de vliegtuigen kunnen wij, ook wanneer wij het gebruik voor militaire verkenningsdoeleinden buiten beschouwing laten, toch wijzen op de toepassing van raketten en kunstmatige satellieten als voertuigen der luchtcamera. Wellicht kan dit nieuwe wegen openen, met name voor geodetische metingen.

Bij de bepaling van de oriënteringselementen der camera op het moment van de opneming kunnen wij in de naaste toekomst meerdere mogelijkheden verwachten en is het tevens aannemelijk dat, gestimuleerd door uitvoering van ruimteprogramma's, dergelijke bepalingen in de toekomst

met groter nauwkeurigheid en hoger betrouwbaarheid uitgevoerd kunnen worden dan thans nog mogelijk is.
Tezamen met de andere bovengenoemde toekomstontwikkelingen kan de nauwkeurige kennis van deze oriënteringselementen in de toekomst wellicht nieuwe mogelijkheden openen voor de luchtopneming ten behoeve van de fotogrammetrie.

INSTRUMENTEN VOOR FOTOGRAMMETRISCHE KAARTERING

DOOR PROF. DR. IR. W. SCHERMERHORN

DIRECTEUR VAN HET INTERNATIONAAL OPLEIDINGSCENTRUM
VOOR LUCHTKAARTERING TE DELFT

Het is wel duidelijk, dat het onmogelijk de bedoeling kan zijn in dit artikel een beschrijving te geven van de verschillende fotogrammetrische kaarteringsinstrumenten. Men kan daarvoor beter de vaak zeer uitgebreide catalogi der firma's raadplegen. Ik wil mij evenmin wagen aan een kritische vergelijking van de verschillende apparaten, die thans aan de markt zijn. De ervaring leert, dat hierin meestal een bijzonder sterk subjectief element schuilt. Van vergelijkbare typen is het verschil in daarmee te verkrijgen lineaire nauwkeurigheid vaak minder belangrijk dan het verschil in allerlei eigenschappen, die betrekking hebben op hetzij gemak van gebruik of de mate van variatie voor verschillende typen van opnamen, vergroting van luchtfoto tot kaart e.d. Mijn ervaring is dat de gebruikers het beste hun keuze geheel voor eigen verantwoordelijkheid kunnen doen. Hoogstens kunnen zij te rade gaan bij verschillende instanties om een inzicht te krijgen in de eigenschappen der verschillende instrumenten. Ook voor een officieel als zodanig gevestigde adviserende instantie, zoals het ITC onlangs heeft ingesteld, zijn dergelijke vergelijkende studies een hachelijke zaak, die al spoedig de reputatie van volstrekte neutraliteit in gevaar brengen. Het is dus wel duidelijk, dat ik mij ook in dit artikel aan een dergelijke behandeling van dit onderwerp niet zal wagen. Dus noch een beschrijvende opsomming, noch een kritische vergelijking zult U hieronder aantreffen. Ik geef er de voorkeur aan, enkele lijnen aan te geven in de ontwikkelingsgang van de instrumentatie onzer kaarteringsmachines. Het spreekt vanzelf, dat dit ook te maken heeft met de historie van de fotogrammetrische kaarteringsmethode zelf.

Bij alle verdere beschouwingen zullen wij steeds weer herkennen dat het grondbeginsel van bijzonder eenvoudige aard is, nl. dat men op een of andere wijze de projectieve betrekking opnieuw realiseert, die op het moment van de opname bestond, zij het min of meer benaderd, tussen de ruimtelijke coördinaten van punten van het object (dat wil dus voor ons meestal zeggen het terrein) en de coördinaten in één of meer negatieven, beide betrokken op verschillende assenstelsels. Dit kan geschieden onder gebruikmaking van de mathematische betrekkingen. In dat geval spreekt men meestal van analytische fotogrammetrie. Het kan ook op een andere wijze geschieden, nl. door gebruik te maken van optische en mechanische hulpmiddelen, die eveneens trachten de bovengenoemde betrekkingen te realiseren. In dit geval maakt men in de instrumenten gebruik van analogieën en spreekt daarom tegenwoordig soms van analogieëmachines voor fotogrammetrische kaartering.

Wij zullen zien, dat er vrijwel nooit een strenge scheiding van deze systemen plaats vindt. Bij de analytische methode komt bijna altijd wel een instrument te pas, hetzij voor het meten van coördinaten in de negatieven, hetzij om de berekende resultaten tenslotte te kaarteren. Bij het gebruik van de analogiemachines komt vrijwel altijd enig rekenwerk aan de orde, hoewel men dit hierbij in bepaalde gevallen tot een uiterst minimum kan beperken.

Par. 1. *Oudste instrumentaties in de periode 1890–1920*

Het is natuurlijk enigszins gewaagd dit als het oudste tijdvak voor instrumentatie te beschouwen, omdat ook in de tweede helft van de 19e eeuw de terrestrische fotogrammetrie, in het bijzonder in landen met alpine landschappen, zoals Zwitserland, Oostenrijk, Italië, Duitsland en Rusland, ijverig is beoefend. Toch hebben in die periode de fototheodolieten meer aandacht gehad dan de middelen voor kaartering. Immers vrijwel uitsluitend de grafische voorwaartse insnijding vond toepassing. Men kon pas van fotogrammetrische instrumenten gaan spreken, toen men t.b.v. de analytische uitwerking begon met de bouw van comparatoren, hetzij monoculair, hetzij stereoscopisch.

Deze periode van 1890 tot 1920 echter is niet alleen gekenmerkt door de introductie van de stereocomparator van Pulffrich in 1901, maar daarnaast ook zeer in het bijzonder door het werk van Scheimpflug die in deze jaren, zij het in sommige gevallen nogal primitief, toch de grond-

slag van de beeldenpaar-apparaten heeft gelegd. Wie daarover details wil kennen, leze de betreffende beschouwingen van Prof. KRAMES in: „Festschrift zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Oesterreich", gewijd aan THEODOR SCHEIMPFLUG. Men vindt daar reeds de grondslagen voor de ontschranking, waaraan iedere student wordt herinnerd, nu de bekende voorwaarde voor de snijding van de vlakken van negatief, lens en projectietafel in één lijn, algemeen wordt aangeduid als de Scheimpflug-voorwaarde.
Ook de constructie van instrumenten met mechanische projectie is reeds in aanleg aanwezig in dezelfde periode. Het was de medewerker van SCHEIMPFLUG, de Weense instrumentenbouwer en ingenieur G. KAMMERER, die na de dood van SCHEIMPFLUG dit beginsel voor de eerste maal, zij het eveneens op primitieve wijze, in toepassing bracht.
Een andere ontwikkelingslijn, van iets latere datum, heeft de fotogoniometer als uitgangspunt. In het bekende boek van HUGERSHOFF en CRANZ „Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen" (1919) wordt nog niet gewerkt met automatische kaarteringsinstrumenten, doch hanteert men, hetzij de rechthoekige coördinaten van punten in het negatief, hetzij de in de fotogoniometer bepaalde hoeken tussen gegeven punten om daaruit de positie van de opnamestandplaats en de uitwendige oriëntering te berekenen. Wel worden daarvoor mechanische hulpmiddelen ingeschakeld. Deze fotogoniometer, waarmee HUGERSHOFF richtingen mat naar identieke beeldpunten in de elkaar overlappende beelden, gaf hem de grondslag voor de constructie van zijn autokartograaf in 1920 en van de aerokartograaf in 1926.
Zo zien wij, dat reeds in deze eerste fase van de ontwikkeling in beginsel alle ook thans nog gebruikte grondtypen werden ontwikkeld. Kort herhaald zien wij:

A. de ontschrankers aangeduid en gebouwd door Scheimpflug en daarna in dezelfde periode door talrijke andere constructeurs en fotogrammeters toegepast. Dit geschiedde vooral nadat de fotografie uit vliegtuigen algemeen gebruikelijk werd, d.w.z. gedurende de periode van de eerste wereldoorlog en direct daarna. Het zijn Roussilhe in Frankrijk, Williamson in Engeland, Hugershoff, Zeiss–von Gruber in Jena en Photogrammetrie G.m.b.H.–Aschenbrenner in München om slechts enige van de bekendste uit deze periode te noemen;
B. beeldenpaar-apparaten met directe optische projectie, ontwikkeld

door Scheimpflug, later in 1916 gepatenteerd door Gasser. Toegepast in 1921 door Nistri in zijn Fotokartograaf en eveneens in 1922 door Zeiss–Bauersfeld in de Stereoplanigraaf;

C. beeldenpaar-instrumenten met mechanische projectie, in eerste aanleg van Kammerer en daarna systematisch toegepast, het eerst door Santoni en in 1926 gevolgd door Wild;

D. beeldenpaar-machines van het fotogoniometer-type, oorspronkelijk het eerst gebouwd door Hugershoff en later in allerlei variaties ontwikkeld in Frankrijk, waar Poivilliers in 1938 voor de Stereotopographe het ook thans nog geldende model construeerde. Verder vinden wij dit beginsel toegepast in Nistri's Beta/2 en in de Thompson Watts Plotter.

Al deze genoemde instrumenten zijn dus niets anders dan varianten op thema's, die reeds in deze vroegste periode van de ontwikkeling der praktische fotogrammetrie zijn aangegeven.

Ditzelfde geldt ook voor de thans aan populariteit winnende analytische methode. Immers, reeds in 1901 construeerde PULFFRICH zijn stereocomparator, gevolgd later door een constructie van HUGERSHOFF. Hetgeen men thans aan stereocomparatoren bouwt, krijgt grotere nauwkeurigheid tengevolge van de vorderingen der techniek, doch in beginsel is er eigenlijk bijzonder weinig aan verbeterd.

Uit deze beschouwing volgt dus duidelijk, dat indien ik verder over fotogrammetrische instrumenten als kaarteringsmachines moet spreken, dit dus niet kan gaan over de fundamentele constructiebeginselen, omdat die met het bovenstaande eigenlijk al gegeven zijn. Hoogstens kom ik tot enkele beschouwingen over de consequenties, die verbonden zijn aan de toepassing van elk van deze beginselen. Dit geschiedt dan in de volgende paragraaf.

Par. 2. *Enkele hoofdlijnen in de ontwikkeling der instrumenten*

A. Beschouwen wij eerst afzonderlijk de *ontschrankingsapparaten*. Men kan niet zeggen, dat hiervan een variatie van typen bestaat, vergelijkbaar met die van de ruimtelijke kaarteringsmachines. Het valt direct op, dat er zelfs belangrijke firma's zijn, die deze instrumenten in het geheel niet bouwen. Ik denk aan SOM in Parijs en aan de beide Italiaanse firma's Nistri en Galileo. Het is ook opvallend, dat Wild dit type blijkbaar zo onbelangrijk heeft gevonden, dat men er ongeveer 10 jaren over ge-

daan heeft om een nieuw instrument aan de markt te brengen ter vervanging van de E2, niettegenstaande deze de naam van Wild geen eer heeft bezorgd. Ook in Engeland is er van een reguliere moderne ontschranker geen sprake meer.
Dit verschijnsel hangt vermoedelijk samen met de relatief vrij hoge kostprijs van deze instrumenten in hun moderne uitvoering en bovenal met het feit dat het produkt slechts een foto is en er nog een schakel nodig is alvorens men tot een getekende kaart komt. Wij zijn in Nederland reeds rond 1930 over dit bezwaar heen gestapt. De stimulans voor de invoering van de ontschrankingsmethode kwam toen vooral van de voor die tijd hoge aanschaffingskosten van de toen ter beschikking staande kaarteringsmachines, die nog uitsluitend universaal-eerste-orde instrumenten waren. Daartegenover stond de mogelijkheid een ontschranker, die aan redelijke eisen, ook van automatische besturing voldeed, in Nederland zelve te bouwen voor een veel lager bedrag. Het verschil tussen de toepassing van de ontschranking en de kaartering in de stereoscopische dubbelbeeldmachines lag in belangrijke mate in de stereoscopische waarneming van het beeld in deze laatste. Dit bezwaar werd in het begin van de dertiger jaren ondervangen door de constructie van stereopantografen en, voor topografische kaartering, van een instrumentje, dat de wijdse naam van stereokartograaf kreeg. Later heeft de Topografische Dienst in Nederland van het stereoscopisch uittekenen afstand gedaan en ging over tot eenvoudig calqueren, zij het met raadpleging van het stereoscopische beeld in een afzonderlijke gewone klapspiegelstereoscoop. Voor de constructie van de rivierkaart heeft men van de stereoscopie nooit afgezien en daarvoor werd de zgn. calqueerstereoscoop gebouwd. Bij de Meetkundige Dienst ziet men nu echter de consequentie van een andere ontwikkeling, nl. nu de beeldenpaar-instrumenten relatief goedkoper worden, zoals b.v. het geval is met de Wild Autograaf A6, die slechts $^1/_3$ kost van een universeel precisie-instrument, wordt de stereoscopie niet alleen niet verlaten, doch op een meer volkomen wijze gebruikt door de rivierkaart 1 : 10 000 in een dergelijke machine te construeren.
De ontwikkelingsgang zoals ik die zie bij de constructie van de rivierkaart, is misschien een geval, aan de hand waarvan men in meer algemene zin kan verklaren, dat de ontschrankers voor de kaartering van topografische kaarten minder toepassing vinden dan men in de dertiger jaren met recht kon verwachten. Het voordeel van de arbeidsverdeling over

verschillende stadia in het produktieproces verliest meer aan betekenis, naarmate de beeldenpaar-kaarteringsmachines relatief goedkoper worden.

Een tweede ontwikkeling die schadelijk is voor de ontschrankingsmethode, is de toename van het gebruik niet alleen van wijdzicht-camera's maar op het ogenblik zelfs van super-wijdzicht-camera's. Hierdoor krijgt de perspectivische beeldverschuiving bij reeds geringe hoogteverschillen al gauw ontoelaatbare waarden.

Al deze overwegingen bij elkaar hebben ten gevolge, dat men zelfs bij vlakke terreinen, waar de hoogtelijnen óf geen rol spelen óf alleen langs terrestrische weg op economische wijze kunnen worden bepaald, toch slechts in een zeer gering aantal gevallen de ontschrankingsmethode ziet toegepast voor de constructie van topografische kaarten. In het bijzonder de nieuwste vereenvoudigde oplossingen voor de beeldenpaar-instrumenten voor topografische kaartering hebben dit zeer in de hand gewerkt.

Daartegenover staat, dat het er de schijn van heeft, dat de fotokaart als zodanig een stijgende betekenis krijgt. De mogelijkheid deze fotokaarten voor een vrij redelijke prijs in grotere aantallen te reproduceren zonder belangrijk verlies van de kwaliteit, zou dit gebruik in de hand werken.

Men heeft de ontschrankingstoestellen voor precisiewerk reeds van ouds ingericht voor twee verschillende methoden, nl. directe instelling van de elementen van uitwendige oriëntering van ieder beeld in het apparaat en daarnaast de mogelijkheid tot ontschranking door de projectie van vier beeldpunten tot coïncidentie te brengen met hun gegeven positie op het projectievlak. Tot heden is zonder twijfel laatstgenoemde methode verreweg de meest gebruikte. Slechts in Finland, waar in 1927 de horizoncamera voor dit doel werd geconstrueerd, leidde men uit horizonbeelden φ- en ω-waarden af, die werden gebruikt voor de berekening van de instelgrootheden in het ontschrankingstoestel. De combinatie echter van ontschranking met de bepaling van paspunten, hetzij met radiaaltriangulatie of met slotted templet, leidde vanzelf tot de indirecte methode van ontschranking. Het principiële verschil tussen deze methoden is, dat men bij laatstgenoemde werkwijze bij het gebruik van 4 paspunten 5 vrijheidsgraden nodig heeft, d.w.z. dat men b.v. in een instrument als de Zeiss SEG V zowel gebruik moet maken van de px- en py-verschuivingen van het negatief, alsook de automatische vluchtpuntsbesturing buiten werking moet stellen.

B. *Beeldenpaarprojectie.* De beide hoofdproblemen voor alle instrumenten van dit type zijn:

a. hoe verkrijgt men voldoende dieptescherpte in het ruimtelijk model;

b. hoe kan men de vertekening van het opname-objectief onschadelijk maken?

Voor het tweede probleem is de oplossing door toepassing van het Porro-Koppe-systeem gegeven. Dat betekent, dat men een objectief gebruikt, dat identiek is aan dat van de opnamecamera. Het eerste vraagstuk voerde tot de toepassing van een tele-systeem vóór het objectief in de projectieruimte, zoals reeds in beginsel door SCHEIMPFLUG werd gedaan, doch eerst in de stereoplanigraaf geschikt werd gemaakt voor automatische scherpstelling op iedere afstand. Daarmede heeft men beide problemen gelijktijdig opgelost. Wij zien, dat later bij de meer samengestelde objectieven van de opnamecamera's zoals Aviogon en Pleogon, Zeiss het strenge Porro-Koppe-systeem liet vallen en door toepassing van een compensatieplaat als drager van het negatief in de projectiecamera, zij het ook enigszins ten koste van de beeldkwaliteit, langs deze weg aan de projectiecamera een totale vertekening kon geven, die identiek is aan die van de opnamecamera.

De andere weg, die bewandeld werd was die welke door Nistri reeds in 1921 is ingeslagen, namelijk het gebruik van objectieven, die een scherpe afbeelding op een gewenste projectie-afstand leveren. Daarbij is de dieptescherpte het moeilijke vraagstuk, waarmee men nog altijd worstelt. Men verkrijgt enig resultaat door vernauwing van de projecterende stralenbundels door middel van diafragmering. Men heeft dit het eerst kunnen bereiken in de Multiplex, waarbij de verkleining van het gehele projecterende systeem nodig was om met de toen beschikbare lichtbronnen nog voldoende helderheid van de beelden te krijgen. Pas na de tweede wereldoorlog verschafte de elektrotechnische industrie sterkere lichtbronnen, die het mogelijk maakten hetzelfde systeem toe te passen in projectoren voor het originele formaat van de opname. Daarbij wordt dan toch zodanig gediafragmeerd, dat een redelijke dieptescherpte wordt verkregen. Men ziet daarmee de apparaten van Kelsh op de markt komen, terwijl ook Nistri met betere lichtbronnen meer dieptescherpte kon krijgen dan vroeger het geval was. Het is echter wel duidelijk, dat de buigingsverschijnselen hierbij een grens stellen, die in een enkel geval zich reeds door verlies aan beeldkwaliteit laat bemerken.

Met de vertekening van de opnamecamera handelt men verschillend. In sommige instrumenten, zoals b.v. de Kelsh, is een speciale mechanische inrichting voor compensatie van de vertekening aangebracht, in andere gevallen gebruikt men diapositieven die praktisch vertekeningsvrij zijn gemaakt tijdens de vervaardiging uit het originele negatief. Men kan veilig stellen, dat dit type instrumenten met fotopaar-projectie, ondanks daartegen in te brengen bezwaren, vooral met het oog op de relatief lage aanschaffingsprijs de grootste verspreiding in de wereld hebben gevonden.

C. *Instrumenten voor de beeldenpaarmethode met mechanische projectie.* Zoals bekend beperken deze zich naast een paar typen van de SOM in hoofdzaak tot de produktie van Wild en Galileo-Santoni. Er is in de jaren tussen 1926 en de tweede wereldoorlog een zeer heftige, zij het ook geleidelijk afnemende, discussie gevoerd tussen de producenten van dit type en die welke de optische projectie toepassen. Immers, in eerste aanleg zou men kunnen vaststellen, dat het systeem van mechanische projectie gevoeliger moet zijn en eerder onderhevig aan slijtage en moeilijkheden dan die systemen, die slechts gebruik maken van een lichtstraal, waarmee toch eigenlijk niet veel kan gebeuren. Reeds in de aanvang was deze discussie vrij onvruchtbaar en het is dus ook wel begrijpelijk, dat deze op het ogenblik niet meer gehoord wordt. Immers, bij de apparaten met directe optische projectie zonder tele-systeem, treden andere moeilijkheden op, voortvloeiend uit het daarbij meestal toegepaste waarnemingssysteem (anaglyfen-methode e.d.) welke ten gevolge hebben, zoals de ervaring leert, dat de nauwkeurigheid van dit type instrumenten niet groter, doch kleiner is dan die welke mechanische projectie toepassen. Dat men bij de directe optische projectie dan bovendien nog gelimiteerd is in de mogelijke vergroting van de schaal van negatief naar die van de kaart tot 4 à 5 maal is een ander ongunstig verschijnsel. Vergelijkt men daarnaast de mechanische projectie met optische projectie onder toepassing van een tele-systeem, dan is het duidelijk, dat men in dit laatste wel de genoemde bezwaren elimineert doch tegelijk een foutenbron introduceert, die eveneens van mechanische aard is. Nog belangrijker is echter het feit, dat de nauwkeurigheid, die men bij instrumentenbouw nu in het algemeen kan bereiken, benevens de stabiliteit van het gebruikte materiaal, zodanig is, dat de fouten die daaruit voortvloeien, op het ogenblik beneden de grenzen gekomen zijn van de fouten, die uit de

kwaliteit van het fotografische beeld (refractie, restvertekening, enz.) voortvloeien.

Dit alles tezamen heeft ten gevolge, dat de instrumenten met mechanische projectie kwalitatief niet meer als zodanig worden aangevochten, voor zover het gaat om de kaartering van ongeveer verticale opnamen. Het is bekend dat voor de convergente opnamen dit systeem aanvankelijk vrij ongeschikt was, doch dat thans uitvoeringen volgens mechanische projectie bestaan, die niet achterstaan bij de instrumenten met optische projectie, die aanvankelijk voor dit type opnamen vrijwel uitsluitend gebruikt konden worden.

Er is nog steeds enige discussie gaande over de vraag in hoeverre de waarneming loodrecht op het vlak van het diapositief wezenlijke voordelen heeft boven die welke men heeft bij instrumenten van het fotogoniometertype en in de stereoplanigraaf, waarin de waarneming plaats vindt in de richting van de projecterende stralenbundel. Hoewel men theoretisch kan afleiden, dat de nauwkeurigheid van de parallaxwaarneming in het laatste geval een functie van de y-coördinaat moet zijn, zijn er tot heden bij systematische onderzoekingen over parallaxnauwkeurigheid geen duidelijke bevestigingen van deze theorie verkregen. Het maakt de indruk, dat de vergelijking van deze twee methoden van waarnemen ook in sterke mate een kwestie van gewoonte bij de operateurs is.

Een verder strijdpunt over de onder B en C genoemde instrumenten is wel dat men bij de typen met mechanische projectie op zeer eenvoudige wijze kan overgaan van opnamen van het ene type van camera's naar het andere, zij het ook binnen bepaalde grenzen voor de brandpuntsafstand van de gebruikte camera-objectieven. Voor instrumenten van het fotogoniometer-type en die met optische projectie, moet men daartoe geheel nieuwe en andere projectoren gebruiken. Dit verschil is volkomen juist getekend, doch voor iedere dienst, die slechts met één of twee camera-typen te maken heeft, is dit verschil niet bijzonder belangrijk.

Rijst de vraag naar de mogelijkheid van kaartering uit opnamen verkregen met ultra-wijdzichtlenzen, zoals de Super-Aviogon. Op het ogenblik bestaan hiervoor slechts instrumenten van het mechanische type van Wild, benevens de door Zeiss-Jena gebouwde Multiplex t.b.v. opnamen, vervaardigd met de Russische Russar-lens met $c = 70$ mm op een negatief van 18×18 cm. In beginsel zijn alle systemen hiervoor in

te richten, zij het ook, dat daarbij dan m.i. de hoek waaronder men op het beeld waarneemt, bepaald wel enige betekenis krijgt. De ervaring heeft geleerd, dat men bij de loodrechte waarneming van de beelden in de instrumenten met mechanische projectie van deze grote helling der afbeeldende stralenbundels weinig of geen hinder ondervindt.

D. *Instrumenten van het fotogoniometer-type.* Gezien het feit, dat men reeds in een vroeg stadium de fotogoniometer gebruikte om daaraan richtingen naar beeldpunten te ontlenen en dat men daarnaast toen reeds geruime tijd werkte met de stereo-autograaf van Von Orel, waarin richtingen werden gerepresenteerd door de zijkanten van stalen linealen, lag de geboorte van dit type van instrumenten nogal voor de hand. Men behoefde slechts twee fotogoniometers te combineren en voor de oriëntering draaibaar te maken om het perspectiviteitscentrum en daarnaast de richting van de vizierlijn van de gebruikte kijker te doen representeren door een stalen lineaal of, indien dit gemakkelijker was, door twee linealen nl. één voor de projectie op het x,y-vlak en de andere voor de helling van de kijker, ten opzichte van dit x,y-vlak. Zo ontstond Hugershoff's autokartograaf. Zo werkte men ook in Frankrijk, waarbij tenslotte Poivilliers niet de helling tegenover het x,y-vlak doch de projectie van de kijkerrichting op het y,z-vlak invoerde.
Het grote voordeel van het fotogoniometer-type is dat men het Porro-Koppe-systeem kan toepassen en met een op oneindig scherp gestelde kijker geen enkel probleem van diepteschepte e.d. meer te overwinnen heeft.
Bij deze typen van instrumenten ziet men tot heden geen compensatieplaat toegepast, ook niet daar waar men opnamen wil verwerken, afkomstig van camera's met andere vertekening. Ook hier heeft men dus een pseudo-Porro-Koppe-systeem, doch anders dan in de Stereoplanigraaf. In beginsel wordt bij dit type de compensatieplaat gebruikt in het fotoafdruk- of fotoprojectie-apparaat, waarin de diapositieven worden vervaardigd.
Heeft Poivilliers de klassieke gedachte het zuiverst vastgehouden, daarnaast zien wij in Nistri en in de Thompson Watts plotter een paar variaties. In de Nistri Fotostereografo Beta II heeft men de richtlijn van de collimator in de straalstang ingebouwd. Het meetmerk zelve is een lichtpunt, waarvan een virtueel beeld op een afstand van 6 m wordt waarge-

nomen. Deze richting wordt gereflecteerd door de voorzijde van een spiegel, die onder ongeveer 45 gr. vast verbonden is met de straalstang. Het fotogram wordt gereflecteerd door de achterzijde van dezelfde spiegel. Deze beide reflecties vallen op een triëder-prisma dat de beelden van fotogram en lichtpunt samen naar het waarnemingssysteem leidt. Dit is theoretisch zonder twijfel een geniale constructie, waarbij noch de positie van de genoemde spiegel, noch die van het triëder-prisma aan regelingsvoorwaarden zijn onderworpen. Het in de praktijk kritische punt is gelegen in de kwaliteit van het lichtende meetmerk, dat voor een goede stereoscopische waarneming niet als een ster, doch als een schijf behoort te worden gezien.

De bijzonderheid van de Thompson Watts plotter ligt niet in het waarnemingssysteem, doch in het feit, dat hierbij de luchtbasis optreedt als centrale as. THOMPSON heeft hierin het indertijd door FOURCADE aangegeven beginsel in toepassing gebracht.

Par. 3. *Toekomstige ontwikkelingen in de instrumentatie voor kartografische uitwerking*

Hierbij valt de aandacht in de eerste plaats op de automatisering. Men kent reeds op dit ogenblik allerlei vormen van automatische registrering van in kaarteringsmachines gemeten coördinaten. Alle precisie-kaarteringsmachines kunnen worden voorzien van hetzij mechanische hetzij elektronische inrichtingen voor de registrering van drie coördinaten van ieder punt dat wordt ingesteld. Instrumenten voor beeldenpaarprojecties, zoals Kelsh en Nistri, kunnen worden verbonden met elektronische registreerapparaten, die dwars- en lengteprofielen vastleggen op ponsband ter verdere verwerking in rekenmachines t.b.v. ontwerpen van autobanen e.d.

Dit zou ik nog niet willen verstaan onder automatisering van het eigenlijke fotogrammetrische proces. Dit geldt evenmin voor de constructie van HELAVA van de National Research Council of Canada, waarbij de in een stereocomparator ingestelde punten door een speciale elektronische rekenmachine in ruimtelijke coördinaten worden bepaald en gelijktijdig gekaarteerd. Zolang men de punten met behulp van handwielen en anderszins op grond van waarneming moet instellen, kan men niet spreken van een volledige automatisering. De karakteristiek van dit instrument ligt dan ook niet in de gedachte aan automatisering, maar

wel in de mogelijkheid om in het rekengedeelte alle mogelijke correcties die moeten worden toegepast, in te voeren. Daaronder valt dan vanzelfsprekend de lensvertekening, correcties voor refractie, aardkromming, en dergelijke.

Werkelijke automatisering is zichtbaar in de Orthophotoscope van RUSSELL BEAN, die in een automatisch scanning process met semi-automatische instelling van de hoogte van een meettafeltje in een Kelsh plotter, de perspectieve verplaatsing tengevolge van hoogteverschillen in het fotopaar corrigeert. Aldus ontstaat een fotokaart, waarin alle punten in een onderling juiste positie worden afgebeeld.

Naast deze Orthophotoscope ziet men in de Verenigde Staten verschillende pogingen tot de constructie van instrumenten, die automatisch ook hoogtelijnen kaarteren. Tot heden heeft men hiervoor steeds apparaten gebruikt van het type met directe optische projectie, hetzij Kelsh plotter of Nistri Photomapper. Het heeft er de schijn van, dat tot heden toe verreweg het best geslaagd is de door HOBROUGH ontwikkelde zgn. Auscor. Deze werd aanvankelijk gebouwd door de Photographic Survey Corp. in Toronto, waar HOBROUGH werkzaam was, doch zal van 1960 af onder de naam Stereomat door Benson and Lehner in Los Angeles op commerciële basis worden gefabriceerd en in de handel gebracht. T. J. BLACHUT en U. V. HELAVA van de National Research Council of Canada hebben in mei 1960 proeven met het laatste model van de Stereomat genomen door kaartering van twee modellen, zowel in dit instrument als in de Wild Autograaf A7. Zij hebben hierover in publikatie NRC 5759 onder de titel: „Automatic stereo-plotting in small- and large-scale mapping" gerapporteerd aan het Photogrammetrisch Congres te Londen. In het resumé wordt door deze auteurs het volgende gezegd:

> „It was found that the device measured vertical parallaxes and performed semi-automatic relative orientations more accurately than an experienced human operator. The spot elevations measured by the device on 1 : 50,000 photographs had a mean square error of 1.8 m. The profiling and contouring speed of the device is 4 to 10 times faster than a human operator and the accuracy of the contours, although affected by vegetation and artificial objects, is remarkably good. The device had no failure during the test, maintained its stereo contact consistently and was found easy to operate."

Dit kan niet anders dan als een verbluffend resultaat worden beschouwd. Tekent men daarbij aan, dat de tijd voor relatieve oriëntering bij herhaling van dezelfde modellen varieerde van 7 tot 23 minuten en gemiddeld 13 minuten was, en dat een middelbare fout van 1,8 m in de hoogte overeenkomt met 0,24 $^{0}/_{00}$ van de vlieghoogte, dan is het bepaald niet gewaagd te zeggen, dat deze Stereomat verbonden aan de Nistri Photomapper het bewijs heeft geleverd, dat automatisering voor het trekken van de hoogtelijnen een procedure is met een grote toekomst. Over planimetrie wordt hierbij niet gesproken. Men moet hierbij echter wel bedenken dat bij het volgen van een detail van de planimetrie, zoals een hellende weg, het meettafeltje van de Photomapper automatisch op de juiste hoogte wordt gehouden.
Het is natuurlijk duidelijk, dat automatisering altijd grenzen voor de toepassingsmogelijkheden zal ontmoeten. In ieder kaarteringsprocédé vindt men telkens punten, waar de menselijke beoordeling onmisbaar is. De automatisch getrokken hoogtelijn trekt zich van huizen en andere kunstmatige obstakels niets aan. Het automatisch getrokken produkt zal zonder twijfel correctie nodig hebben. De vraag is in elk geval hoeveel correctie dit moet zijn. Indien ik echter bedenk, met hoeveel reserves men de fotogrammetrie als zodanig tegemoet getreden is op grond van het feit, dat in bepaalde gevallen naast de fotogrammetrische kaartering nog aanvullende terrestrische metingen nodig zijn, dan zie ik daarin enige verwantschap met dit thans opduikende probleem. Er blijven natuurlijk gevallen, waarin de fotogrammetrie soms technisch, soms economisch onmogelijk is. De praktijk heeft echter geleerd, dat de grens daarbij in de loop der tijden steeds verder naar de kant van de fotogrammetrie is verschoven. Eenzelfde verschijnsel acht ik zeer waarschijnlijk met het vraagstuk van de automatisering: aanvankelijk staat men er huiverig tegenover, doch geleidelijk zal ook deze methode meer veld gaan winnen.
Is de automatisering het meest op de voorgrond tredende vraagstuk, wanneer wij denken aan een nieuwe tijd, dan zijn er in de fotogrammetrie toch ook nog wel andere vraagstukken, die bovendien voor velen dichter bij huis liggen. Ik denk hierbij aan de numerische behandeling, dat wil dus zeggen aan de vraag in hoeverre de klassieke kaarteringsmachines zullen worden vervangen door de stereocomparator annex elektronische rekenmachine. Het antwoord op deze vraag is vrij eenvoudig. Voor alle topografische werk blijft de kaartering in de klassieke stijl voor zover die

dan niet door de automatisering wordt verdrongen, volstrekte regel en heeft de analytische behandeling slechts betekenis voor de oplossing van het paspuntsprobleem, waarover afzonderlijk nog enkele woorden. Slechts in die gevallen, waarin men naast een kaart ook coördinaten van een zeer groot aantal punten verlangt, zoals voor sommige kadastrale problemen, zal een volledige analytische behandeling zin krijgen, tenminste indien men ook beschikt over een automatische coördinatograaf. Immers, deze zal nodig zijn om de berekende punten ook nog te kaarteren. Of men dit gelijktijdig aan dezelfde machine doet, zoals in het geval van de Helava-machine, of afzonderlijk, is een probleem van ondergeschikte betekenis. In verschillende gevallen zal men daarbij de voorkeur geven aan gescheiden operaties. Het is dus wel duidelijk, dat voor de grote massa van het fotogrammetrische kaarteringswerk, de klassieke machines, waarin men merkwaardig weinig wezenlijke ontwikkeling ziet, een zeer belangrijke functie zullen blijven vervullen.
De ontwikkeling welke men in deze instrumenten ziet, zal in de toekomst ook waarschijnlijk gaan in de richting van elektrische overdracht van bewegingen, inschakeling van elektronische rekenelementen voor de realisering van de oriënteringselementen, enz. Of men daarmee in elk opzicht een wezenlijke verbetering bereikt t.a.v. de klassieke uitvoering, zal de praktijk moeten leren. Hierbij spelen bedrijfszekerheid en kostprijs een zeer belangrijke rol. Het heeft er voorlopig de schijn van, dat al deze zgn. vereenvoudigingen van het klassieke instrument de kwetsbaarheid ervan overal dáár verhogen, waar men niet beschikt over de gespecialiseerde technische krachten voor onderhoud en reparatie van elektronische apparatuur.
Resten mij thans nog enkele opmerkingen over het zo belangrijke probleem der paspunten. De normale aerotriangulatie is kennelijk bezig in de laatste 10 jaren enigermate op gang te komen. In het bijzonder de invoering van de eenvoudige methode van blokvereffening, hetzij door middel van stereotemplets, hetzij voor meer nauwkeurig werk met de ITC-Jerie analogue computer, heeft zeker bijgedragen tot een gemakkelijker aanvaarding van de aerotriangulatie als methode voor paspuntsbepaling. Immers, daardoor is het noodzakelijk aantal terrestrische punten belangrijk gereduceerd en bovendien is de invloed van matige kwaliteit van een aerotriangulatie niet zo catastrofaal als bij de behandeling van individuele stroken.

Men gebruikt hiervoor vrijwel overal de bekende universaalmachines, hoewel ook de precisie-kaarteringsmachines en zelfs het type Kelsh plotter zich, zij het ook met wat complicaties, laten gebruiken. Juist nu dat alles begint te lopen duikt de analytische methode op. Aan alle kanten wordt gewerkt aan vereenvoudigde rekenwijzen, zowel voor relatieve oriëntering als voor de absolute oriëntering. Het lijkt erop dat vandaag nog geen van de tot heden gebruikte methoden kan worden beschouwd als de volstrekt definitieve. Telkens weer duiken nieuwe vereenvoudigingen op in de uitwerking van dit in beginsel klassieke probleem.
Het lijkt er echter veel op, dat deze analytische methode in de komende jaren de klassieke aerotriangulatie in universaalmachines zal verdringen, vooral in daarvoor goed uitgeruste diensten. In hoeverre de graad van nauwkeurigheid, die men kan verkrijgen, groter is, hangt in sterke mate af van de vraag in hoeverre het gebruikte fotografisch materiaal vrij is van deformaties van de betrekking tussen beeld- en terreincoördinaten. Onregelmatige krimp van film, al of niet ten gevolge van slechte behandeling bij de ontwikkeling, kan catastrofale gevolgen hebben. In dit geval kunnen fouten optreden, die ver uitgaan boven die, welke het gevolg zijn van de mechanische kwaliteiten van de universaalkaarteringsmachines. Tenslotte bedraagt dit verschil in nauwkeurigheid tussen de stereocomparator en deze machines slechts 5 of 6 micron in de coördinaten van een punt. Tot heden is er slechts al te veel fotomateriaal verkregen, waarvan de fouten in het fotobeeld zelve belangrijk groter zijn.
Zolang dit laatste juist is, is de vraag: analytische triangulatie of een methode in een universaalkaarteringsmachine, er een van economie en niet van nauwkeurigheid. Voorlopig heeft het er alle schijn van dat dit zo is. Desalniettemin zal in veel gevallen de analytische methode juist op economische gronden de voorkeur verdienen. Het lijdt daarom geen twijfel, dat wij in de bouw van instrumenten een zekere verschuiving zullen waarnemen van een afnemend aantal universaalmachines naar een toenemend aantal stereocomparatoren.

REKENMACHINES EN -AUTOMATEN

DOOR IR. B. G. K. KRIJGER

WETENSCHAPPELIJK AMBTENAAR 1E KL. AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

EN H. C. VAN DER HOEK

TECHNISCH HOOFDAMBTENAAR AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

Rekenen is een onvermijdelijke bezigheid in de geodesie. Of hij nu het rekenen beschouwt als een noodzakelijk kwaad, dan wel als het meest aantrekkelijke deel van zijn werk, telkens weer stuit de geodeet op rekenwerk. Daarom zal hij ook steeds uitzien naar de apparatuur, die hem daarbij de beste hulp biedt.

Tot aan het begin van deze eeuw was de keus zeer beperkt. Logaritmentafels en rekentafels waren de enige technische hulpmiddelen die de rekenaar ten dienste stonden. Later kwamen de handrekenmachines en de elektrische tafelrekenmachines en sinds enige jaren worden omvangrijke landmeetkundige berekeningen uitgevoerd met ponskaartenmachines en elektronische rekenmachines. Zelfs bestaan er al rekenautomaten die speciaal voor landmeetkundige berekeningen zijn geconstrueerd.

Steeds komen nieuwe soorten rekenapparatuur in gebruik, die dan voor korte tijd het predikaat „modern" mogen voeren. Het merkwaardige is echter, dat oude rekenhulpmiddelen zelden geheel buiten gebruik raken. We kunnen beslist niet zeggen dat er in de geodesie nergens meer handrekenmachines worden gebruikt. Zelfs de logaritmentafel is nog niet geheel van het toneel verdwenen. Evenmin brengt de invoering van de elektronische rekenapparatuur een drastische opruiming van tafelrekenmachines met zich mee.

Er is steeds een interessante beïnvloeding waar te nemen van de rekenmachines, die men gebruikt, op de rekenmethoden. In de tijd dat alleen de logaritmentafel ter beschikking stond moesten de formules eerst „logaritmisch gemaakt" worden. De handrekenmachine maakte het mogelijk formules in hun „natuurlijke" vorm toe te passen. Dit en de

overige technische mogelijkheden van de handmachine hebben tot het ontstaan geleid van fraaie rekenmethoden, zoals het instellen van een rechte op de machine en de methode van Elling voor de oppervlakteberekening uit coördinaten.
Eenzelfde verschijnsel zien we zich voordoen bij de rekenautomaten. Zo maakt men b.v. bij de tafelrekenmachines veelal gebruik van methoden met veel tussentijdse controles, dit om te voorkomen dat men, aan het einde van de berekening gekomen, moet constateren dat men de gehele berekening moet herhalen, omdat er ergens tussen begin en eind een fout moet zijn gemaakt. Maar bij de rekenautomaat is de mogelijkheid van veel tussentijdse controles van veel geringer belang, omdat de rekenautomaat over het algemeen veel minder fouten maakt dan de mens.
Een ander verschijnsel dat we kunnen waarnemen, is, dat de moderne rekenhulpmiddelen invloed uitoefenen op de vorm en uitvoering van reeds langer bestaande machines. Zo heeft de ontwikkeling van de elektronische rekenmachine tot gevolg, dat er een markt ontstaat voor geheel nieuwe typen tafelmachines. Er komen de laatste tijd elektrische tafelmachines in de handel, die de resultaten van een berekening desgewenst rechtstreeks in een band ponsen. Deze band kan dan zonder meer in de rekenautomaat worden ingevoerd. De resultaten behoeven dus niet eerst te worden opgeschreven, om daarna te worden geponst, hetgeen een aanzienlijke tijdsbesparing betekent en een veel grotere zekerheid verschaft.
Maar ook afgezien van de invloed van de rekenautomaat is het gebied van de tafelrekenmachines in volle ontwikkeling. Dit is niet alleen een gevolg van de voortdurende verruiming van de technische mogelijkheden, maar ook van de eisen die aan de machines worden gesteld. Deze eisen zijn immers in vele opzichten geheel anders dan voorheen.
In de dertiger en veertiger jaren werd bij vele landmeetkundige diensten de Brunsviga 13Z/18 gebruikt, de bekende zwarte machine, meestal voorzien van een tekenknop. Voor die tijd was dit type machine het meest ideale. Het is nu echter reeds lang van de markt verdwenen. Alle modellen van Brunsviga zijn thans uitgerust met een kubeerinrichting. Het model Brunsviga 20 bezit bovendien een splitsbaar resultaatregister. Beide voorzieningen verruimen de mogelijkheden aanzienlijk. Het is niet meer nodig van een negatief getal de tiendelige aanvulling terug te lezen. Gedurige produkten kunnen worden berekend. Zelfs kunnen twee

veeltermen op de machine worden berekend en daarna op elkaar gedeeld zonder het noteren van tussenresultaten. De Brunsviga 20 is meer dan elke andere handmachine geschikt voor landmeetkundig werk.
Figuurlijk gesproken vergroeit een goede rekenaar met zijn handrekenmachine. Ze is als het ware een verlengstuk van zijn handen geworden. De handrekenmachine is bovendien kwalitatief goed en, vooral bij algebraïsch rekenen, bijzonder overzichtelijk. Elke verkeerde omwenteling kan onmiddellijk worden hersteld. Dit kan bij de elektrische machine niet. Daar brengt het herstellen van een gemaakte fout in samengestelde berekeningen vaak zulk lastig denkwerk met zich mee, dat de rekenaar het veiliger oordeelt maar opnieuw te beginnen. De prijs van een elektrische rekenmachine is vier- à vijfmaal die van een handmachine. Hetzelfde geldt voor de onderhoudskosten. De veel ingewikkelder constructie maakt dat de elektrische machine meer kans op storingen heeft dan de handmachine.
De handrekenmachine heeft echter ook nadelen, en deze worden groter naarmate de tijd voortgaat. De machine werkt langzaam en is dus voor omvangrijk rekenwerk minder geschikt. Bovendien moet ze met de rechterhand bediend worden. Vele moderne berekeningen, zoals matrixvermenigvuldiging en -inversie kunnen met de handmachine niet vlot worden uitgevoerd.
Een voordeel van de elektrische machine, dat niet direct voor de hand ligt, maar naar ons gevoel zeer belangrijk is, is dat de elektrische rekenmachine de rekenaar omgeeft met een rustige sfeer. Bij een vermenigvuldiging stelt hij beide factoren op de machine in, controleert de instelling, bepaalt dan het teken van het produkt en drukt daarna op de positieve of negatieve vermenigvuldigingstoets. Bij de handrekenmachine ligt dit toch anders. Elke rekenaar weet hoe na vele jaren ervaring de cijfers in het omwentelingsregister rood worden als ze wit hadden moeten blijven, doordat de tekenknop per ongeluk een verkeerde stand had. Een gevolg hiervan is dat vele berekeningen, ook al zijn ze niet omvangrijk, beter op een elektrische rekenmachine kunnen worden uitgevoerd. Met name geldt dit voor de berekeningen die voortvloeien uit de moderne waarnemingsrekening, zoals het inverteren van matrices en het berekenen van eigenwaarden. Deze en andere overwegingen hebben er toe geleid dat in de afgelopen jaren de belangstelling, ook van de geodeet, steeds meer uitgaat naar de elektrische rekenmachine.

Hoewel dit type rekenmachine reeds ver voor de tweede wereldoorlog zijn intrede in de landmeetkunde heeft gedaan (in het Laboratorium voor Geodesie worden nog enkele zeer interessante modellen bewaard), is het gebruik van elektrische machines op grote schaal pas een tiental jaren geleden goed begonnen. En in die tien jaren heeft de elektrische rekenmachine een snelle ontwikkeling doorgemaakt. Vooral de berekeningen uit de statistiek hebben op de huidige vorm van de elektrische machine hun stempel gedrukt. Om aan wensen van verschillende groepen gebruikers tegemoet te komen zijn er van eenzelfde merk vaak geheel verschillende typen in de handel.

Het standaardmodel van Friden heeft een volautomatische vermenigvuldiging en deling en is voorts uitgerust met afzonderlijke toetsen voor positief en negatief vermenigvuldigen. Daarnaast is er een Friden-machine met automatische worteltrekking, een model met een geheugen voor het onthouden van één getal en sinds kort brengt Friden nu ook een machine in de handel met een kubeerinrichting en nog enkele andere speciale voorzieningen, die haar zeer geschikt maken voor rekenwerk zowel uit de lagere als uit de hogere geodesie.

Sinds enige tijd bestaat er een nieuw type rekenmachine van de Madasfabrieken, dat in tegenstelling tot de oude modellen afzonderlijke toetsen voor automatisch positief en negatief vermenigvuldigen heeft. Dit is beslist een voordeel, omdat men nu a.h.w. gedwongen wordt het teken van het produkt zorgvuldig te bepalen, alvorens contact voor vermenigvuldigen te maken. Bezit een elektrische machine slechts één toets voor automatisch vermenigvuldigen, en wordt het negatief vermenigvuldigen bewerkstelligd door het omzetten van een knopje, dan loopt men steeds het gevaar het omzetten van het knopje te vergeten.

De Marchant-machines zijn vooral bestemd voor handelsberekeningen. Niettemin heeft de machine in de landmeetkunde wel degelijk toepassing gevonden.

Sinds enkele jaren brengt Marchant het model SKA in de handel, dat in belangrijke opzichten afwijkt van het standaardmodel en daardoor naar ons oordeel nog beter geschikt is voor landmeetkundig rekenwerk. De machine heeft automatische vermenigvuldiging, deling en kwadratering en bezit afzonderlijke toetsen voor positief en negatief vermenigvuldigen. De machine bezit niet zoals de normale Marchant-machines de kolom van tien vermenigvuldigtoetsen maar beide factoren worden

na elkaar op het instelbord geplaatst en eerst dan wordt contact gemaakt voor vermenigvuldigen.
Van de vele Monroe-modellen leent het model 8N zich het best voor landmeetkundige berekeningen. De machine bezit een kwadrateer- en een kubeerinrichting en heeft ook afzonderlijke toetsen voor positief en negatief vermenigvuldigen.

Alle elektrische rekenmachines kunnen gebruikt worden als telmachine. Toch verdient de aanschaf van een schrijvende telmachine aanbeveling, wanneer men veel telwerk heeft. Met een elektrische rekenmachine kunnen we immers veelal geen andere controle uitoefenen op de telling dan door de telling opnieuw te verrichten. Krijgen we dan de tweede keer dezelfde som als de eerste keer, dan verklaren we de telling voor goed! De schrijvende telmachine biedt de mogelijkheid achteraf de ingestelde getallen te controleren. Vooral bij horizontale tellingen, zoals deze o.a. voorkomen in het inversie-schema van Gauss, is de schrijvende telmachine een uitkomst.
Ook op het gebied van de telmachine vinden we telkens nieuwigheden. Zeer veel modellen zijn reeds uitgerust met een mogelijkheid voor halfautomatisch vermenigvuldigen. De speciale voorzieningen gaan soms echter zo ver, dat we niet meer van een telmachine, maar van een schrijvende rekenmachine moeten spreken. Als voorbeeld noemen we de Olivetti-machines Divisumma en Tetractys. Beide machines lenen zich voor landmeetkundig rekenwerk. Wel hebben ze slechts een beperkte capaciteit (6-7-13). De Tetractys is uitgerust met twee telwerken, heeft volautomatische vermenigvuldiging en deling, een kubeërinrichting, een inrichting voor automatisch kwadrateren, een afzonderlijke toets voor negatief vermenigvuldigen en tenslotte nog een geheugen voor het onthouden van één getal. Voor deze machine (en voor de Divisumma) bestaan reeds diverse handleidingen voor landmeetkundige berekeningen. Zij leent zich zowel voor technische als voor administratieve berekeningen en kan daardoor b.v. op ruilverkavelingsbureaus bijzonder rendabel zijn.

Gaat een landmeetkundig bureau over tot het aanschaffen van een handrekenmachine, dan is de keuze van het merk niet moeilijk. De Brunsvigamachines lenen zich het beste voor landmeetkundig rekenwerk. Bij de

elektrische machines is de keuze veel moeilijker. Er zijn een aantal topmerken, die alle hun eigen voor- en nadelen hebben. Hieronder hebben we in willekeurige volgorde een opsomming gegeven van de eisen, die we kunnen stellen aan elektrische rekenmachines voor landmeetkundig werk. De meest ideale machine heeft:

1. Een capaciteit van tenminste 10-10-20.
2. In het resultaatregister een doorlopende tientallenoverdracht.
3. Aparte toetsen voor accumulatief positief en negatief vermenigvuldigen én een toets voor positief vermenigvuldigen met vooraf schoonmaken van de registers.
4. Een automatische kwadrateerinrichting.
5. Een kubeerinrichting, waardoor een getal overgebracht kan worden van het resultaatregister naar het instelbord. Daarbij moet het meest linkse cijfer van het resultaatregister rechtstreeks overgebracht kunnen worden naar de plaats van het meest linkse cijfer van het instelbord.
6. Een tekenknop.
7. Een splitsbaar resultaatregister, beter nog: twee simultaan werkende resultaatregisters.
8. De mogelijkheid om een getal door middel van knopjes rechtstreeks in het resultaatregister te brengen.
9. Een zgn. non-entry (mogelijkheid tot het uitschakelen van het omwentelingsregister bij vermenigvuldigen).
10. Een mogelijkheid tot het blokkeren van de toetsen (dus niet alleen de schoonmaaktoets) van het instelbord.

Geen fabriek brengt een machine in de handel, die aan alle tien eisen voldoet. De ideale machine moet nog geconstrueerd worden. Ieder die verantwoordelijk is voor de aanschaf van een elektrische rekenmachine, zal zelf uit moeten maken welke eisen het belangrijkste zijn met het oog op het rekenwerk dat het meeste voorkomt. Is de machine b.v. in het bijzonder bestemd voor berekeningen met matrices, dan is de derde eis het belangrijkst. Voor het gewone dagelijkse rekenwerk uit de lagere landmeetkunde zijn eigenlijk alle eisen van belang. Soms zal de keuze van de machine in hoofdzaak slechts een kwestie zijn van persoonlijke smaak.

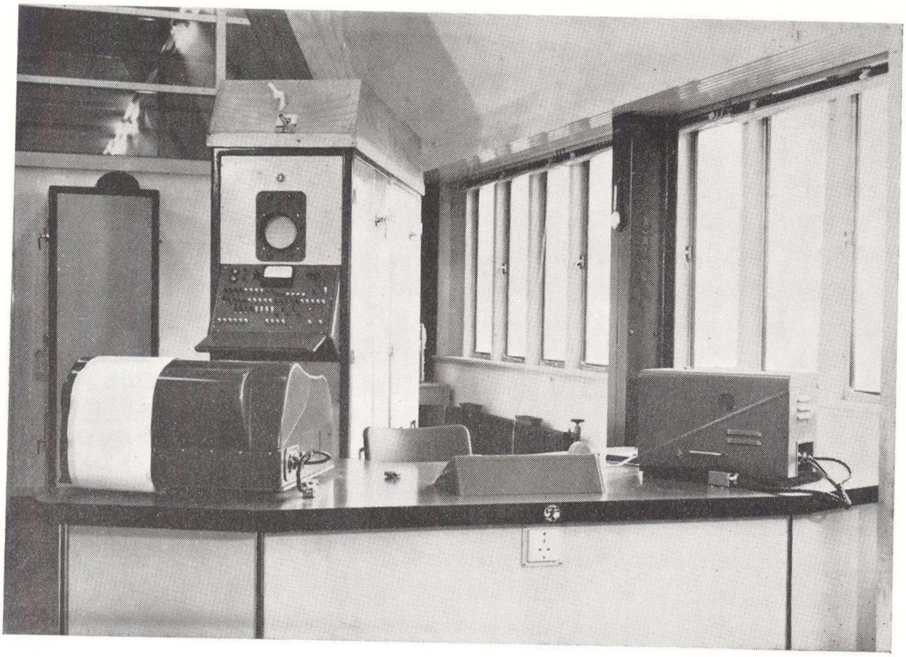
Over de snelheid (het toerenaantal) van de machines hebben we met opzet niets gezegd. De verschillen zijn vaak zeer aanzienlijk. We hechten daar echter niet veel betekenis aan, omdat de meeste tijd toch gevergd wordt door het instellen van de getallen en het noteren der resultaten.

Is de geschiedenis van het gebruik van elektrische rekenmachines in de geodesie jong, nog jonger is de geschiedenis van het gebruik van rekenautomaten. De ervaring met rekenautomaten is in de geodesie dan ook nog zo gering, dat afgezien moet worden van een uitvoerige behandeling van de verschillende typen van rekenautomaten.
Niet alle rekenautomaten werken elektronisch. In Duitsland is zelfs speciaal voor geodetische berekeningen een rekenautomaat ontwikkeld, de relaismachine Z11 van de firma Zuse. Deze machine heeft echter buiten Duitsland slechts weinig opgang gemaakt, waarschijnlijk vanwege haar betrekkelijk geringe mogelijkheden en beperkte snelheid, althans vergeleken met de moderne elektronische rekenmachine. Om dezelfde reden willen we ook voorbijgaan aan de niet-elektronische ponskaartenmachines.
Een elektronische rekenautomaat is altijd nog minstens enige tientallen malen zo duur als een elektrische tafelrekenmachine. Natuurlijk staan daar voordelen tegenover. Deze betreffen in de eerste plaats wel de snelheid, waarmee de berekeningen worden uitgevoerd. Deze is al gauw enige honderdtallen malen zo groot als de snelheid van de tafelrekenmachine. Hierbij moet dan worden bedacht, dat het grootste gedeelte van de tijdsbesparing niet wordt verkregen door versnelling van de rekenkundige bewerkingen zelf, maar door het in belangrijke mate automatiseren van alle handelingen, die deze bewerkingen met zich meebrengen: het noteren der tussen- en eindresultaten e.d.
Verhoging der snelheid is niet het enige voordeel van automatisering, ook de betrouwbaarheid der berekeningen wordt vergroot door het grotendeels uitschakelen van de bron van vele vergissingen: de mens.
Niet alleen de kwaliteiten van de machine zelf zijn van belang. De beste machine is waardeloos, indien er geen staf van mensen aanwezig is die de mogelijkheden der machine ook volledig weet te gebruiken. Belangrijke vragen zijn dan ook: Welke service kan het desbetreffende rekenbureau verlenen? Bestaat er een goede samenwerking met andere rekenbureaus, die over hetzelfde type machine beschikken? Hoelang heeft men ervaring

met de machine? Heeft men de beschikking over een uitgebreide programmabibliotheek?

De rekenautomaat waarvan in Nederland voor geodetische rekenproblemen het meeste gebruik is gemaakt, is de Zebra (zeer eenvoudige binaire rekenautomaat). Het is één van de goedkoopste elektronische rekenmachines (ongeveer *f* 100,— per uur), en speciaal voor meer wetenschappelijke berekeningen ontworpen, dit laatste wel in tegenstelling tot verschillende andere rekenautomaten, die de meeste toepassing vinden in de administratieve sector. De ervaringen met de Zebra zijn vrij gunstig. Het is een zeer flexibele machine. Zij is gebruikt voor allerlei berekeningen uit de lagere landmeetkunde en de fotogrammetrie. Ook de vereffening van het waterpasnet van West-Europa, een berekening met grote matrixbewerkingen, is op de Zebra uitgevoerd. Wel kunnen we ons niet aan de indruk onttrekken, dat althans sommige exemplaren van de Zebra vrij veel storingen vertonen.

Overzicht van de opstelling van een elektronische rekenmachine



Zeer bekend zijn de IBM-machines. Een van de meest gebruikte typen is de IBM 650, waarvan thans honderden exemplaren geplaatst zijn over de gehele wereld. Uiteraard bestaat er een intensieve uitwisseling van ervaringen en programma's tussen de diverse rekencentra. Men beschikt dan ook over een zeer uitvoerige programmabibliotheek. Langzamerhand gaat de IBM 650 al tot de verouderde machines behoren. De IBM heeft dan ook onlangs een nieuw type machine op de markt gebracht, nl. de 1620. Een voordeel van de IBM-machines is dat hun bouw gebaseerd is op een jarenlange ervaring. Hun betrouwbaarheid is dan ook groot, mede dank zij allerlei ingebouwde controles.

Eén van de nieuwste machines is de X1, evenals de Zebra een Nederlands ontwerp. De X1 wordt, in tegenstelling tot de Zebra, ook door een Nederlandse maatschappij gebouwd, nl. door „Electrologica" in Amsterdam. Door het toepassen van enkele nieuwe principes is de machine nog weer vele malen sneller dan de oudere, in Nederland gebruikte, rekenautomaten.

Eén van de belangrijkste concurrenten van de IBM, althans in West-Europa, mag niet onvermeld blijven. Het is de Franse maatschappij „Bull". Haar meest bekende machine is de Gamma-ET, waarvan in Nederland ook verschillende exemplaren staan opgesteld.

We willen volstaan met het maken van deze opmerkingen. Niet alleen is de ervaring met rekenautomaten in de geodesie nog vrij gering, maar bovendien is de ontwikkeling op dit terrein zo snel, dat ook de meest moderne beschouwing in betrekkelijk korte tijd is verouderd. Ook dit artikel zal dat lot wel ondergaan. De lezer zij gewaarschuwd!

KARTOGRAFIE

DOOR IR. L. VAN ZUYLEN

CHEF VAN DE LANDMEETKUNDIGE AFDELING VAN DE TOPOGRAFISCHE DIENST TE DELFT

Bij het woord instrumentatie denkt men aan een muziekstuk en de manier waarop zo'n muziekstuk over de verschillende soorten instrumenten in een orkest wordt verdeeld.
Het grote aantal onderwerpen en hun aard tonen aan dat in dit lustrumboek getracht wordt de veelzijdigheid van de moderne geodesie tot uitdrukking te brengen.
In deze rij van onderwerpen eist ook de kartografie een plaatsje op. Veel van het werk van de geodeet toch wordt vastgelegd in een kaart en de wijze waarop de resultaten van nauwgezette arbeid bij de kaartvervaardiging worden verwerkt, is mede bepalend voor de waardering van het geheel.
Om een kaart qua nauwkeurigheid en qua inhoud aan de hoogste eisen te laten voldoen, moeten de uitvoerder van de grondslagkaartering en zij, die de kaartinhoud en de esthetische uitvoering ervan bepalen, zeer nauw samenwerken.
In de oudheid en in de middeleeuwen gingen deze beide functies altijd samen. Dat kon toen ook nog wel, omdat de nauwkeurigheid veel minder belangrijk was dan de volledigheid en de uitvoering der kaarten. Specialisatie was toen nog niet nodig.
De ontwikkeling van de kartografie hangt ten nauwste samen met de mogelijkheden tot verplaatsing. Veldtochten en ontdekkingsreizen waren in het algemeen de belangrijkste aanleidingen voor het uitkomen van kaarten op kleine schaal. Dergelijke kaarten konden uiteraard nog niet in grote oplagen worden verspreid en er kwam dus maar van weinigen kritiek.
Oriënteringsgegevens kwamen op de oudste kaarten nog niet voor. Het was DECAEARCHUS (±300 j. vóór Chr.) die op een kaart van de landen rond de Middellandse Zee een rechthoekig assenkruis aanbracht met de

oorsprong op Rhodos, het voornaamste handelscentrum van die tijd. Eratosthenes vulde het assenkruis aan tot een net van vierhoeken.
Ptolemaeus was de kartograaf, die zijn stempel op de kartografie drukte omstreeks het begin van onze jaartelling. Zijn invloed was zo sterk, dat men zelfs tot omstreeks 1500 gebruik maakte van zijn arbeid.
De kruistochten veroorzaakten een kleine opleving en ook de uitbreiding van de handel omstreeks de jaren 1100 had een gunstige invloed op de kartografie. Speciaal in Venetië werd grote aandacht aan het vervaardigen van kaarten besteed. De grote ontdekkingsreizen van Bartholomaeus Diaz, Columbus en Vasco da Gama werden nog steeds aangegeven op kaarten van Ptolemaeus. Zo ontstond langzamerhand een kaart waarop alle werelddelen, echter zonder de poolgebieden, waren aangegeven.
De uitvinding van de drukkunst zorgde voor een mogelijkheid tot vermenigvuldiging van de kaartwerken. De kopergravure en de houtsnede openden de mogelijkheid om lijnen en teksten in druk te brengen.
Bij de grote opleving, die er in de kaartvervaardiging als gevolg daarvan kwam, speelden de bewoners van de noordelijke en de zuidelijke Nederlanden een grote rol. Dit was, gezien de belangrijke plaats die zij innamen op het gebied van de zeevaart en de handel, geen wonder.
De aandacht voor meer nauwkeurigheid in de kaarteringen groeide eveneens. Het was Frisius uit Dokkum die de gedachte opperde het verschil in lengte tussen twee plaatsen te bepalen met behulp van het uurwerk.
De grote kartograaf Gerhard Kremer (Mercator) was echter nog niet overtuigd van de meetkundige nauwkeurigheid van zijn kaarten.
Hij schreef bij één van zijn zeekaarten:

> „Als U van de ene haven naar de andere wilt varen moet U de rechte lijn op deze kaart nauwkeurig volgen. De lengte van de lijn behoeft niet juist te zijn. U kunt eerder of later aankomen dan U verwacht, maar komen doet U er zeker."

Andere grote namen uit dezelfde periode waren Hondius, Ortelius, Blaeu, Doncker en Nicolaas Visscher.
De kartografie raakte hierna sterk in verval; pas in de Napoleontische tijd zien we weer een opleving. Zoals op zovele takken van de techniek, had en heeft (helaas) ook oorlogvoering een sterk stimulerende invloed op de kartografie. De behoefte aan kaarten doet zich in tijden van oorlog sterk gevoelen.
In Nederland werd in de Napoleontische periode de eerste stoot gegeven

aan de totstandkoming van de eerste volledige kaart van ons land, terwijl ook de kadastrale kaartering in die tijd begon.
Zoals we reeds zagen, werden de eerste kaarten, die bestemd waren voor vermenigvuldiging, gegraveerd in koper. Het gereedschap bestond toen in hoofdzaak uit verschillende soorten graveernaalden of échoppes. Behalve in de kopergravure voerde men ook veel graveerwerk uit in steen naast uiteraard de kaarttekeningen op papier.
Dat het samenstellen van kaarten in de jaren omstreeks 1900 een bijzonder inspannende bezigheid was, toont de eerste afbeelding. Het werk

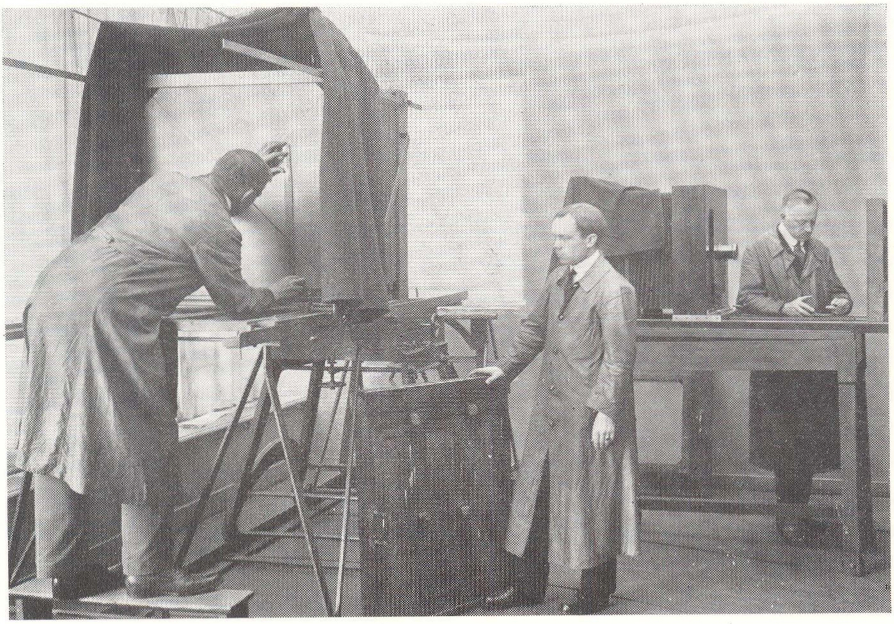
moest zó geconcentreerd geschieden, dat geen knellende zaken als schoenen de rechtgeaarde tekenaar mochten hinderen. Of de schoenen misschien moesten worden uitgetrokken omdat ze anders de sporten van de tekentafel zouden beschadigen, vermeldt de historie niet. Een feit is echter dat men het als de gewoonste zaak van de wereld beschouwde, want de bottines werden niet weggehaald toen deze foto werd gemaakt.

Of deze chef-graveur, een bekwaam vakman van de oude garde, zijn autoriteit wilde tonen of dat de felle zon hem hinderde, is niet bekend, maar dat hij de pet steeds droeg, is zeker.

De koper- en steengravure werden omstreeks 1930 vervangen door het werken op doorzichtige tekeningdragers. De fotografie en de chemigrafie deden toen vooral hun intrede in de kaartvervaardiging. De eerste tekeningdragers van de nieuwe soort, ethulon en cellon, leverden nog zeer matige resultaten, doch toen het kodatrace op de markt kwam, was in feite de overgang naar een nieuwe werkmethode een feit. Latere soorten tekeningdragers zoals astrafoil en astralon maakten alleen nog een verdere perfectie van de nieuwe methode mogelijk.
De graveurs moesten zich met de nieuwe materialen geheel vertrouwd maken, want men ging over van graveren in koper of steen naar tekenen (met pen en inkt) op de nieuwe materialen. Dat dit niet zonder moeilijkheden gepaard ging, is ons niet vreemd nu we in de jaren na de tweede wereldoorlog weer een omwenteling op tekengebied zich hebben zien voltrekken en er weer vele moeilijkheden moesten worden overwonnen. Een gebrek aan geoefende vakmensen en in mindere mate het zoeken naar de goede inkten die men op de doorzichtige tekeningdragers moest gebruiken, hebben tot gevolg gehad, dat men een nieuwe weg ging zoeken voor het vervaardigen van de kaarttekeningen en die nieuwe weg leidde naar de . . . gravure.
In de moderne kartografie spelen de doorzichtige tekeningdragers nog een grote rol. Men voorzag deze en nieuwere basismaterialen (polyesters) evenals glas, van een zeer dunne graveerlaag waarin met stalen graveernaalden of met saffieren, lijnen van grote homogeniteit werden aangebracht.

Waarom men zich nu wel en vroeger niet heeft gerealiseerd dat dicht naast elkaar lopende evenwijdige lijnen met één naald voorzien van punten zijn te trekken, is een vraag waarvan men er vele soortgelijke, ook op vele andere gebieden der techniek, kan stellen. Snelheid speelde geen rol en men zocht dus niet zozeer naar mogelijkheden tot rationalisatie. Het is een gunstig teken, dat men er bij de kaartvervaardiging naar blijft streven naast het verhogen van de produktiesnelheid de kaarten op een hoog esthetisch niveau te houden.
Een verschil in karakter, kwaliteit en stijl tussen de kaarten van Europese en Amerikaanse origine zal vermoedelijk wel lange tijd blijven bestaan. De oorzaak daarvan moet o.a. worden gezocht in het feit, dat in Amerika de arbeidskrachten relatief duur en in Europa in verhouding goedkoop zijn. Het aantal arbeidsuren, dat men in de Nieuwe Wereld in een kaartwerk wil steken, is daardoor veel geringer dan dat in Europa. Het gevolg is, dat de Amerikaanse kaarten een veel meer eenvormig karakter hebben dan de Europese, die nog meer aarden naar het oude handwerk. Dat de behoefte van de Amerikanen om hun land nu eerst maar eens in kaart gereed te zien, daarbij nog een grote rol speelt, spreekt natuurlijk voor zichzelf. De grotere bevolkingsdichtheid en het meer intensieve bodemgebruik in West-Europa eisen meer uitgewerkte kaarten.
De nieuwe kaarttekenmethoden garanderen een fijne lijntekening en de tijdwinst, die men boekt ten opzichte van de oudere werkwijzen, is aanzienlijk. Een voordeel in tijdwinst van 30% ligt beslist binnen de mogelijkheden. Dit kan natuurlijk tot resultaat hebben, dat de kaarten sneller kunnen verschijnen doch, indien men regelmatige vernieuwing binnen een kortere tijd niet noodzakelijk acht, is een beperking van personeelsbehoefte het gevolg.
Ook op het gebied van het schrift aanbrengen op kaarten heeft zich een belangrijke verandering voorgedaan. De oude kartograaf graveerde of tekende iedere letter uit de hand of later met behulp van een graveermachine. De moderne werkwijze maakt o.a. gebruik van plastic letters in wit op een zwarte ondergrond, die in de gewenste volgorde in een regel worden gelegd en dan met een eenvoudige camera worden gefotografeerd. Het resultaat na het ontwikkelen, spoelen en fixeren van de opnamefilm toont een positief beeld (zwarte letter op blanke ondergrond), dat op eenvoudige wijze direct in het kaartbeeld op de juiste plaats kan worden gemonteerd.

Een deel van de kartografische arbeid wordt uitgevoerd in het fotografisch laboratorium. In de loop der jaren heeft ook op dit terrein zich een omwenteling voltrokken.
Nog slechts een tiental jaren geleden maakte men in het reproduktiebedrijf de opnamen in het fotografisch atelier op zgn. natte platen. Deze werden gemaakt door op een glazen plaat een collodiumlaag te gieten. Nadat men de overtrokken plaat in zilvernitraat had gedompeld, deze na enige minuten eruit had genomen en had laten afdruipen, was hij gereed voor gebruik in de camera.
Het gereedmaken van een dergelijke plaat kostte veel arbeid. Ook hier zagen we dat zich een omwenteling voltrok, waarbij na de natte plaat uit het eigen laboratorium de in de fabriek vervaardigde droge plaat (glas voorzien van fotografisch gevoelige laag) verscheen, die veel hoger in prijs ligt, doch arbeidsbesparend werkt.
Het moeilijk hanteren van de glazen platen had uiteraard veel bezwaren en de vraag naar filmmateriaal met een hoge graad van maatvastheid lag dus voor de hand. De afzetmogelijkheden voor de fabrikanten waren



zo groot, dat het zoeken naar dergelijke materialen wel verantwoord was. De gehele grafische industrie vroeg er immers naar. Als het alleen de kaartenmakers zouden geweest zijn, die zo'n maatvaste, goed hanteerbare filmbasis wensten, zou het zeer de vraag geweest zijn of de grote fabrieken van fotografische materialen zich die moeite zouden hebben getroost.

Enfin, het resultaat is, dat men thans beschikken kan over de zeer maatvaste polyestermaterialen voorzien van iedere gewenste fotografische laag.

Ook de ontwikkeling in camerabouw is duidelijk merkbaar als we voorgaande foto vergelijken met moderne reproduktiecamera's (pag. 187).

Dat de ontwikkeling op fotografisch gebied niet tot stilstand is gekomen, is gemakkelijk te constateren als we lezen over de veelvuldige proefnemingen met de xerografie, een grafische toepassing van het gebruik van statische elektriciteit.

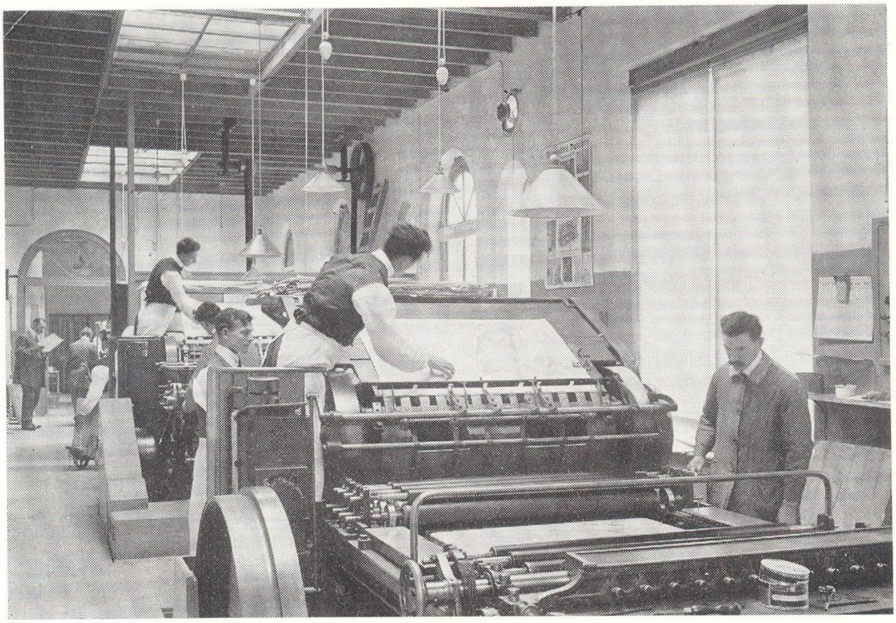
De fotografie levert ook haar bijdrage aan de kaartvervaardiging in de vorm van de levering van zeer goed interpreteerbare luchtfoto's.

De normale vervaardiging van contactafdrukken of vergrotingen is thans sterk te verbeteren door gebruikmaking van de elektronica. Door aftasting van het te reproduceren negatief door een lichtpuntje van zeer geringe grootte, waarmee de dosering van het licht, dat op het fotografisch papier terecht komt, wordt geregeld, kan men de belichting van ieder negatief op buitengewone wijze verfijnen. Men haalt op deze wijze het maximum uit een luchtfotonegatief en biedt hierdoor de interpreteur een model dat hem bijzondere mogelijkheden geeft.

Kijken we tenslotte nog even naar de kaartendrukkerij, dan zien we, dat de moderne tijd de kaarten in een grotere oplage vraagt, maar bovendien dat ook hier weer de produktiesnelheid de hoofdrol speelt.

Hiernaast (bovenste foto) zien we hoe in een handpersdrukkerij van de oude tijd kaarten van de lithografische stenen worden gedrukt, waarbij bij wijze van spreken ongeveer evenveel personen nodig zijn als er drukken per uur worden gemaakt. Ook de zgn. snelpersen (onderste foto) voldeden niet aan de huidige eisen.

Op de snelpersen, die werkten volgens het vlakdruksysteem, waarbij papier en steen of zinkplaat in direct contact met elkaar komen, moest men het papier nog vel voor vel met de hand in de pers leggen. Behalve de lage snelheid is ook een nadeel van deze werkwijze, dat men slechts een beperkte oplage van een drukvorm kan trekken.



Ook in de drukkerswereld werden wegen gevonden om aan de vraag naar een hoge produktiesnelheid te voldoen. Men schakelde over naar het offset-drukprocédé waarbij men papier en drukvorm niet meer in direct contact met elkaar bracht, doch de drukvorm zijn beeld liet „afzetten" (offset) op een cilinder voorzien van een rubber bekleding en het beeld vervolgens door de rubberplaat weer liet afdrukken op het papier. Deze constructie maakte een hoge rotatiesnelheid mogelijk en de werktuigkundigen leverden er al spoedig een apparaat bij om het papier automatisch in te voeren.
Tenslotte zorgde de chemigrafische industrie nog voor drukplaten uitgevoerd in bimetaal, waarvan oplagen van enorme grootte kunnen worden getrokken zonder dat vernieuwing tijdens de drukprocedure noodzakelijk is.
De snelpers, die een éénkleurendrukgang mogelijk maakte, werd dus vervangen door de éénkleuren-offsetpers en deze heeft thans jongere broers die het presteren om twee, drie, vier of zelfs meer kleuren in één drukgang aan te brengen.

We zien dus dat in de kartografie op allerlei manieren getracht wordt aan de grote vraag naar recent kaartmateriaal te voldoen.
De verschillende fasen in de kaartvervaardiging worden ieder op hun eigen wijze versneld, waarbij echter één der hoofdopgaven van de kartografie, nl. een nauwkeurig en esthetisch verantwoord produkt af te leveren, beslist niet uit het oog mag worden verloren.
Uiteraard kan in een lustrumboek niet uitvoerig op ieder onderwerp worden ingegaan. Zo zou nog kunnen worden besproken of de lichtdrukmethode in de chemigrafie en fotografie een toekomst tegemoet gaat, die nog veel verder reiken zal dan thans reeds het geval is.
Uit bovenstaande notities mag U echter duidelijk geworden zijn, dat de kartografie springlevend is en dat ernaar wordt gestreefd om de snelle ontwikkelingen, die op ieder gebied plaats vinden, daarbij zoveel mogelijk in toepassing te brengen.

DE HYDROGRAFISCHE OPNEMER EN ZIJN INSTRUMENTARIUM

DOOR IR. W. LANGERAAR

SOUS-CHEF DER HYDROGRAFIE

In wezen beogen de hydrografische dienst en de topografische dienst hetzelfde, namelijk het afbeelden van een deel van het aardoppervlak in een vorm die voor de gebruiker het meest geschikt is. Hoewel de gestelde doelen dus identiek zijn, is er toch zo een groot verschil in werkwijze. Zijn deze verschillen reëel en waar komen zij vandaan? Waarin onderscheiden deze beide diensten zich van elkaar? Beter is het, deze laatste vraag anders te formuleren en te vragen waarin de gebruikers van de produkten van deze beide diensten onderling verschillen.

Indien men naar kantoor of naar college gaat, dan is niet de vraag of men zijn landkaart wel bij zich heeft het meest belangrijk. Integendeel, de collegedictaten, de autopapieren, het fietssleuteltje en nog vele andere zaken zijn allemaal veel belangrijker om aan te denken dan een landkaart. Ieder van ons is in staat zich op straat redelijk te oriënteren zonder gebruik van kaarten en door ogen en oren goed de kost te geven maakt men zelfs een aardige kans de meeste verkeersgevaren te omzeilen.

Niet aldus op zee. Daar is men veel minder en vaak helemaal niet in staat zich te oriënteren, terwijl de gevaren die een schip bedreigen onder water liggen, zodat ook de ogen en oren van de zeeman slechts een zeer beperkt hulpmiddel zijn bij het omzeilen ervan. Wanneer een schip naar zee vertrekt, is het dan ook een uiterst belangrijk punt dat men alle kaarten van het gebied dat men gaat bevaren aan boord heeft. De zeekaart dient dus een tweeledig doel. Men moet zich er op kunnen oriënteren en men moet in staat zijn er op te zien, welke gevaren het schip en haar bemanning bedreigen.

Inderdaad raken wij hier aan de kern van het verschil tussen de gebruikers van landkaarten en die van zeekaarten. Het gebruik van een zee-

kaart is een absolute eis voor oriëntatie en voor veiligheid. Het gebruik van een landkaart niet. Dit betekent derhalve, dat landkaarten in de regel worden vervaardigd voor andere doeleinden. Zonder alle doelen te gaan noemen waarvoor een landkaart kan worden gebruikt, is het goed hier nog eens de nadruk te leggen op het feit dat het raadplegen van een landkaart niet de veiligheid van de raadpleger bevordert, zodat spoed bij het doen verschijnen van die kaart geen onderwerp van voortdurende zorg behoeft te zijn. Daarentegen zal de gebruiker van de landkaart wel eisen, dat zijn kaart voldoet aan de door hem gestelde voorwaarden op het gebied van nauwkeurigheid en afgebeeld detail.

In de zeevaart echter is het zo, dat men groter waarde hecht aan de afbeelding van het gehele te bevaren gebied op zeekaarten (die dan desnoods maar van iets mindere kwaliteit moeten zijn), dan dat men van een gedeelte van het gebied zeer nauwkeurige en van de rest in het geheel geen kaarten zou hebben.

Kan men het zich bij het vervaardigen van landkaarten dan ook permiteren te werken van het grote naar het kleine ter verkrijging van een homogene en hoge graad van nauwkeurigheid, bij het maken van zeekaarten zijn de eisen van een spoedige bekendstelling van het onder water aangetroffen detail zó primair, dat noodgedwongen moet worden afgeweken van een werkwijze die weliswaar tot een fraaier sluitend geheel zou voeren, maar die in het algemeen teveel van de beschikbare tijd opslokt. En wanneer in dit lustrumboek in het bijzonder de aandacht wordt gewijd aan de instrumentatie, dan laat het zich horen, dat de instrumenten van de hydrografische opnemer zijn aangepast aan zijn methode van werken. Dit zal ook blijken uit het hierna komende.

Eerst echter een opsomming van de punten, waarin de zeekaart wezenlijk afwijkt van de topografische kaart of andere kaarten voor speciale doeleinden:

1. het gehele te bevaren zeegebied dient op zeekaarten te zijn afgebeeld, desnoods schematisch;
2. een groot gedeelte van de zeebodem – vooral in alluviale gebieden – is aan voortdurende veranderingen onderhevig;
3. alle bijzonderheden over de onderwater-topografie moeten ten spoedigste ter kennis van de zeeman worden gebracht;
4. een eenmaal verschenen zeekaart veroudert vanaf de dag dat hij van de drukpers is gekomen en dient dus voortdurend aan de hand van

berichten aan zeevarenden te worden gecorrigeerd en aangevuld;
5. door de voortdurende veranderingen van de zeebodem dient een eenmaal in kaart gebracht gebied periodiek te worden gecontroleerd en de desbetreffende kaart te worden herzien;
6. bij de hydrografische opnemingen spelen de weersomstandigheden (wind en zicht) een belangrijke rol, zodat in de gematigde luchtstreken alleen in de zomer en in de tropen alleen bij bepaalde moessons of kenteringen op een terrein kan worden gewerkt.

Het bovenstaande houdt onder meer in, dat een opnemingsvaartuig dat op een terrein arriveert, geen tijd te verliezen heeft en over het algemeen dus niet in staat is een triangulatienet op te bouwen volgens de werkmethode van het grote naar het kleine. Integendeel is een kenmerkend verschijnsel van een hydrografische opneming in gebieden waarin zich nog geen triangulatienet bevindt (Nieuw Guinea bijvoorbeeld), dat de detailmeting, of zoals dat bij de Koninklijke Marine heet: „het lodingwerk", de hydrografische triangulatie op de voet volgt. Terwille van een zo efficiënt mogelijk gebruik van de beschikbare – voor het lodingwerk te gebruiken – motorsloepen zal de commandant van een opnemingsvaartuig er zelfs naar streven de triangulatie vooral niet te ver vóór het lodingwerk te doen uitsteken.

Dat deze werkmethode enkele bijzondere gevolgen met zich meebrengt is begrijpelijk. Vaak komt het voor, dat een kusttriangulatie wordt afgesloten door aansluiting aan een triangulatiepunt van hogere orde, terwijl al het lodingwerk dat op die kusttriangulatie berust al is verricht. Ook het meten van controlebases en azimuths maakt vaak correcties op een reeds voor de detailmeting gebruikte triangulatie noodzakelijk.

Behalve dat deze werkmethode haar weerslag geeft bij de compilatie van de uiteindelijke zeekaart, wordt ook het instrumentarium van de hydrografische opnemer erdoor beïnvloed. Doch alvorens hier verder op in te gaan, verdient het aanbeveling nog eerst iets te zeggen over het economisch nut van die zeekaart. In het voorgaande betoog is reeds gebleken, dat een zeekaart een conditio sine qua non is voor de veiligheid van schip en bemanning. Dat betekent, dat een schip dat met lading op weg is naar een land waarvan de kusten op betrouwbare wijze zijn gekaarteerd, een lagere verzekeringspremie voor de lading behoeft te betalen dan wanneer het die lading moet brengen naar kusten die minder betrouwbaar in kaart zijn gebracht. Deze verzekeringspremies drukken

op de prijs die men voor de ingevoerde goederen moet betalen in het land van bestemming, zodat de betrouwbaarheid van een zeekaart rechtstreeks op het prijspeil inwerkt. In een land met veel export zal op dezelfde wijze deze zeekaart invloed uitoefenen op de prijs die het uitgevoerde produkt in het land van bestemming moet opbrengen, zodat in dat geval de betrouwbaarheid van de zeekaart invloed heeft op de concurrentiepositie.
Het kan zelfs zo zijn, dat scheepvaartmaatschappijen weigeren goederen te verschepen naar gebieden waarvan de kusten en toegangen onvoldoende, of in het geheel niet in kaart zijn gebracht. Dit kan dan de openlegging van minder ontwikkelde gebieden ernstig vertragen. Het is dan ook zeer toe te juichen dat men bij de voorbereidende werkzaamheden voor de openlegging van Nederlands Nieuw Guinea niet alleen heeft gedacht aan de luchtkaartering van dat land, maar evenzeer aan de zeekaartering. Alle aanvoergebieden voor Nieuw Guinea liggen overzee, zodat het overgrote deel van alle goederen die moeten worden geïmporteerd over zee moeten worden vervoerd. Veiligheid van die zeewegen is daarom van eminent belang.
Behalve dus, dat de hydrografische opnemer voortdurend wordt voortgestuwd door zijn besef dat hij de veiligheid van de scheepvaart mede helpt verhogen, ontvangt hij een extra stimulans uit de wetenschap dat zijn werk een direct economisch belang vertegenwoordigt, dan wel de openlegging van een achtergebleven gebied mede helpt mogelijk maken.
Dan nu de methoden en instrumenten die de hydrografische opnemer gebruikt om zijn werk uit te voeren. Zolang het puntennet benodigd voor zijn detailwerk, het lodingwerk, op het land is gelegen, verschillen de methoden niet of niet veel van die van de geodetisch ingenieur, althans niet voor wat betreft de vastlegging van dat puntennet. In Nederland is daarbij de bepaling van een puntennet overbodig en wordt alleen op de bekende manier daar waar nodig door achterwaartse insnijding een verdichting aangebracht. In Nieuw Guinea wordt de triangulatie op het land eveneens volgens de klassieke methode begonnen en uitgebreid.
Indien echter het lodingwerk zich zover in zee uitstrekt dat de op het land geplaatste signalen minder goed zichtbaar worden of onder de kim verdwijnen, dan moet de hydrografische opnemer zijn toevlucht zoeken tot enkele specifiek hydrografische oplossingen van het probleem van

verkrijging van een voldoende dicht en nauwkeurig puntennet. Dit houdt onder meer in, dat een opnemingsvaartuig moet kunnen beschikken over apparatuur die het mogelijk maakt om ook op zee de plaats te bepalen, evenals het azimuth en tevens een basis te meten.

De detailmeting op zee, het lodingwerk, zal zich natuurlijk altijd wezenlijk onderscheiden van alles wat de geodetisch ingenieur gewend is te doen. In wezen is het lodingwerk niets anders dan een voortgezette tachymetrische opneming. Van een aantal punten worden de *X*, *Y* en *Z* coördinaten bepaald en na uitwerking worden een aantal hoogtelijnen (dieptelijnen) getrokken. Doch deze coördinaten worden niet, zoals in de tachymetrie, uit telkenmale één meting afgeleid. Bij het lodingwerk geschiedt het vaststellen van de *X* en *Y* coördinaten met behulp van speciaal voor dit doel geconstrueerde sextanten, de lodingssextanten, terwijl de *Z* coördinaat wordt verkregen met behulp van het echolood. Het echolood geeft twaalf maal per secunde een dieptemeting, die volgens een elektro-chemisch procédé wordt geregistreerd en derhalve een continu profiel geeft van de zeebodem waarover men vaart. De registratie vindt namelijk plaats op een bewegende, geprepareerde, papierrol.

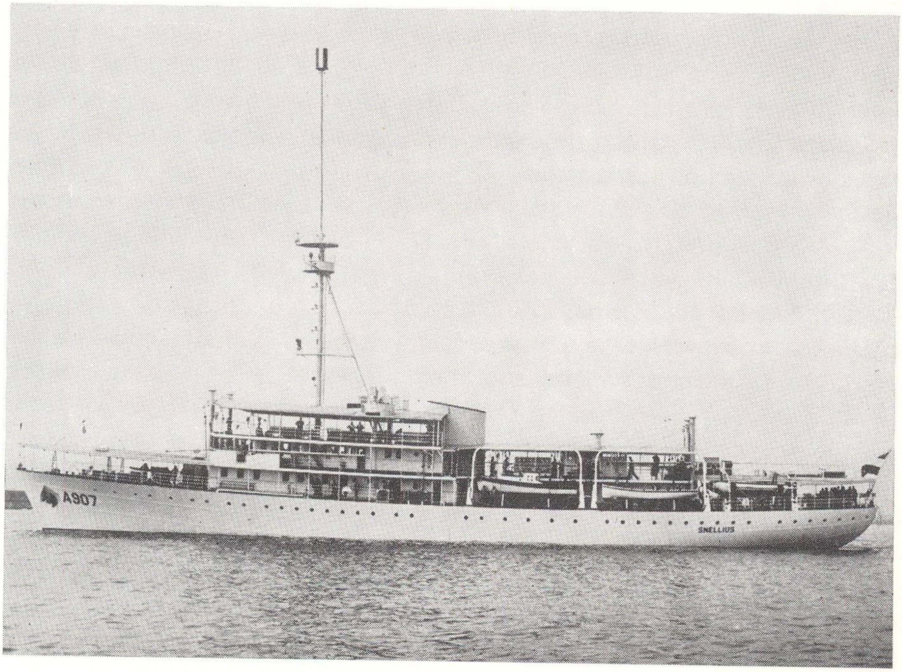
Hierdoor is men in staat dieptecijfers, althans in theorie, continu te bepalen. De door de lodingssloep afgelegde weg wordt voortdurend bepaald door gelijktijdige achterwaartse insnijding met twee sextanten vanuit de sloep op de aan de wal gemarkeerde punten van het puntennet. Dit geschiedt door twee officieren-opnemer. Het snelliuspunt wordt constructief in het werkblad bepaald. Dergelijke achterwaartse insnijdingen geschieden om de twee of drie minuten, afhankelijk van de schaal waarop wordt gewerkt en de snelheid van de sloep. De tijd van de achterwaartse insnijding wordt genoteerd in een opschrijfboek en het moment van meten wordt aangetekend op de papierstrook van het echolood.

Bij de latere uitwerking van de gegevens weet men dus welke diepte bij welke plaats behoort en kan men tengevolge van de continue diepteregistratie door interpolatie nog zoveel dieptecijfers tussen twee plaatsbepalingen in vinden als nodig blijkt. De dieptebepaling met het echolood is zeer nauwkeurig, terwijl het dieptebereik van de echoloden loopt van ongeveer 1 meter tot 10 000 meter. Vooral op de geringere diepten zijn enige correcties benodigd, waarop hier niet verder zal worden ingegaan, met uitzondering van de correctie die noodzakelijk is ten gevolge van de getijbeweging.

Teneinde de zeeman een homogeen beeld te geven van de zeebodem onder hem, worden alle diepten in zeekaarten herleid tot een hypothetisch wateroppervlak, dat zodanig diep ligt, dat het aan getijden onderworpen zeeniveau dit vlak slechts zelden bereikt. Hierdoor wordt verkregen, dat de diepten op de zeekaart bijna altijd een te ongunstig beeld van de werkelijkheid geven. Alleen bij zeer lage waterstanden bestaat de mogelijkheid, dat gedurende enige uren de diepte ter plaatse 1 of 2 decimeter minder is dan de kaart aangeeft. Doordat de zeeman echter in staat is om de rijzing van het zeeniveau boven dit herleidingsvlak (meestal „reductievlak" genoemd) te bepalen voor ieder gewenst moment, is hij tevens in staat om na te gaan hoeveel meer water er op een bepaalde plaats staat dan de kaart aangeeft.
Het bovenstaande houdt in, dat bij de hydrografische opneming met deze getijbeweging van het zeewater zorgvuldig rekening moet worden gehouden. De diepte die men op een bepaalde plaats zal vinden is, ten gevolge van de getijbeweging, een functie (en wel een periodieke functie) van de tijd van passeren van die plaats. Gedurende een hydrografische opneming zal dus voortdurend de getijbeweging moeten worden geregistreerd, teneinde daaruit de correcties te kunnen vinden om de geregistreerde diepten te kunnen herleiden tot het voor dat gebied aangenomen reductievlak.
In ondiep water kan deze registratie van de getijbeweging het eenvoudigst geschieden door het verticaal in de zeebodem plaatsen van een peilschaal, die in decimeters is verdeeld en gedurende de opnemingswerkzaamheden om het half uur wordt afgelezen. Een verdeling fijner dan 1 decimeter heeft weinig zin in verband met de bijna altijd aanwezige golfslag die in het minste geval al een amplitude heeft van 1 decimeter. In water dieper dan 5 meter is het gebruik van dergelijke peilschalen meestal niet meer mogelijk, door de afwezigheid van middelen om de peilschaal recht overeind te houden. Voor diepten van 5 tot 50 meter is daarom een bodempeilschaal ontwikkeld, die op de bodem van de zee wordt neergelegd en op een strook papier de getijbeweging registreert aan de hand van de druk van de kolom water die boven het instrument staat. Deze toestellen worden voor en na het gebruik geijkt en hebben een inwendige nauwkeurigheid van ongeveer 1 decimeter. Aangezien deze instrumenten in staat zijn om onafgebroken, gedurende ruim een maand, de getijbeweging te registreren worden zij niet alleen gebruikt voor het

bepalen van de getijreducties, doch tevens voor het verkrijgen van waterhoogte-series van een maand. Deze series worden benut om met behulp van Fourier-analyse de getijconstanten van het betrokken gebied te bepalen. Zijn deze constanten eenmaal bekend, dan kunnen daaruit de waterhoogten ter plaatse in de toekomst worden berekend.
Genoeg echter over het bepalen en corrigeren van de *Z* coördinaat. De bepaling van de *X* en *Y* coördinaten vertoont ook nog enige verschillen met de landmeetkunde. Deze verschillen treden echter eerst dan aan het licht als de hydrografische opneming zover is voortgeschreden, dat de aan de wal gemarkeerde punten van het puntennet, onder de kim verdwijnen. In dat geval moeten drijfbakens worden gelegd. Deze bestaan uit een drijflichaam, een paal – welke door dit drijflichaam heen is bevestigd en zodanig is uitgebalanceerd dat de bovenste zes meter ervan ongeveer loodrecht blijven staan, onafhankelijk van eventuele getijstromen –, een duidelijk zichtbaar merk boven in de paal, alsmede een

Hr. Ms. Opnemingsvaartuig „Snellius"



ankerketting en anker waarmede het geheel aan de bodem is verbonden. Een opnemingsvaartuig overzee is ingericht om de onderdelen voor 10 tot 12 van deze drijfbakens mede te nemen.
Waar mogelijk zullen de dichtst bij de wal liggende drijfbakens worden vastgelegd door driehoeksmeting op punten aan de wal, maar naarmate men zich verder van de kust verwijdert zullen de volgende drijfbakens komen vast te liggen op reeds eerder gelegde drijfbakens. Gaat men nog verder naar buiten, dan komt het moment dat de voorraad bakens aan boord is uitgeput en men dus moet overgaan tot het lichten van de dichtst bij de wal liggende drijfbakens, teneinde deze opnieuw te leggen veel verder naar buiten. Dit betekent dus dat het lodingwerk dat van deze dichtst bij de wal liggende drijfbakens gebruik moest maken, gereed moet zijn! Dit houdt tevens in, dat naarmate een drijfbaken-triangulatie zich verder naar buiten beweegt, het drijfbakenveld steeds verder van de kust komt te liggen.
Bij dit alles moet in gedachten worden gehouden, dat de ankerketting van een drijfbaken altijd langer dient te zijn dan de waterdiepte ter plaatse, aangezien anders het anker niet zou houden. Dit betekent dus tevens dat dit soort bakens een vrij grote mate van bewegelijkheid heeft. Bovendien is men nooit zeker dat de stroom niet zo sterk is, dat een of meer drijfbakens hun ankers over enige afstand meetrekken. Dit alles impliceert dat voortdurende controle nodig is op de onderlinge posities van de uitliggende drijfbakens.
De hydrografische opnemer moet voor dit doel in staat zijn om een astronomisch azimuth en een astronomische plaats op zee te bepalen. Dit kan uiteraard alleen maar met sextanten geschieden. Hiervoor worden niet de slechts op 1 minuut nauwkeurig af te lezen lodingssextanten gebruikt, maar de veel nauwkeuriger meetsextanten. Het astronomisch bepalen van de geografische coördinaten is iets dat de zeeman niet onbekend is, hoewel natuurlijk bij de hydrografische toepassing een grotere nauwkeurigheid in acht wordt genomen. Het bepalen van een astronomisch azimuth is iets dat alleen bij de hydrografische opneming geschiedt en vereist veel oefening. Het staan op een bewegend drijfbaken en het met een sextant meten van de hoek waaronder een hemellicht wordt gezien met een verderop gelegen drijfbaken en het daarbij nauwkeurig doen registreren van de tijd van waarneming, is niemand zonder meer gegeven.

Bovendien moet op geregelde afstanden een controle op de schaal van opneming worden uitgevoerd. Dit dient uiteraard bij een drijfbaken-triangulatie veel frequenter te geschieden dan bij een triangulatie aan de wal. Echter is de benodigde inwendige nauwkeurigheid op zee kleiner dan aan de wal. Voor dit doel is het opnemingsvaartuig uitgerust met een zgn. „taut wire measuring gear", of wel een „spandraad-lengte-meet-instrument". Dit toestel bestaat uit een drum waarop ongeveer 100 zee-mijlen pianodraad is gewonden, welke draad er door een ronddraaiende arm met geleiderol wordt afgewikkeld. Deze dunne pianodraad heeft een grote breeksterkte en wordt vanaf de drum gevoerd over een geleiding naar het meetrad, waarvan de omtrek precies 0,001 zeemijl of 1,852 meter bedraagt. Door een reminrichting wordt op de draad een constante spanning gehouden terwijl het uiteinde van de draad op de zeebodem wordt verankerd met een stuk ijzer. Het meetrad is draaibaar en verbonden aan een telinrichting die het aantal omwentelingen van het rad telt.
Indien nu de afstand moet worden bepaald tussen twee drijfbakens, dan wordt de pianodraad om het meetrad gelegd, terwijl het uiteinde van de draad met een stuk ijzer wordt verzwaard, waarna het ijzer op de zee-bodem wordt afgevierd. Daarna begint het schip zijn aanloop, waarbij het meetrad begint te draaien. De aanloop wordt zodanig gekozen, dat bij het passeren van het eerste drijfbaken een snelheid van 8 zeemijlen per uur is bereikt. Het moment van passeren wordt op de brug bepaald en met behulp van een claxon naar achteruit doorgegeven. Hierop wordt de telinrichting afgelezen. Hetzelfde geschiedt bij het passeren van het tweede baken. Het aantal omwentelingen van het meetrad is hiermede bekend en dus ook de afstand. In de regel worden tenminste drie meet-runs door het schip gemaakt, waaruit een gemiddelde afstand tussen de beide bakens volgt. Na de meting wordt de pianodraad afgekapt, zodat de uitgelopen draad verloren is. Deze methode van lengtemeting is snel en voor het werk met drijfbakens meer dan voldoende nauwkeurig. Vaak komt het voor dat het verschil tussen heen- en terugmeting niet meer dan 2 omwentelingen, of 3,7 meter, bedraagt op een gemeten af-stand van 10 000 meter of meer.
Hiermede zijn reeds een aantal instrumenten behandeld die afwijken van de door de landmeter gebruikte. Daarnaast komen natuurlijk nog de normale navigatie-instrumenten, die eveneens voor hydrografische doel-einden gebruikt kunnen worden, zoals het gyrokompas, de radar, de

Decca, enz. Het is echter niet de bedoeling, dat die ook in deze inleiding worden behandeld. Wel zal nog in het kort iets worden gezegd van enkele speciale hydrografische instrumenten, nl. de stroommeters, de bathythermograaf en het diepzeedraadlood.

Stroommeters worden gebruikt voor het registreren van de stroomrichting en -snelheid van het zeewater over perioden van dertig dagen. Hieruit kunnen stroomconstanten worden berekend, die gebruikt worden voor de stroomvoorspellingen in stroomtafels of -atlassen. Stroommeters zijn nog aanzienlijk minder betrouwbaar dan de bodempeilschalen. Dit komt voornamelijk, omdat in een stroommeter simultaan een drietal grootheden moet worden waargenomen en geregistreerd, nl. de tijd, de stroomrichting en de stroomsterkte. Stroommeters zijn zeer duur en hebben in de regel een beperkt registratiebereik, althans voor wat betreft de stroomsnelheid.

De bathythermograaf is een instrument, dat bij vaartlopend schip tot 250 meter onder het schip kan worden afgevierd en daarbij een curve optekent, die het functioneel verband aangeeft tussen waterdiepte en watertemperatuur. Dit is geen hydrografisch gegeven in de strikte betekenis van het woord, doch eerder een oceanografisch gegeven. De grens tussen hydrografie en oceanografie is echter niet zo scherp aan te geven. Bathythermografische gegevens hebben bovendien een militaire waarde en worden uit dien hoofde mede door hydrografische opnemingsvaartuigen verzameld.

Het diepzeedraadlood was, vóór de invoering van het diepzee-echolood, het enige instrument om grote diepten te meten. Thans, nu er betrouwbare diepzee-echoloden bestaan die ook de grootste diepten in zeer korte tijd kunnen meten, is de waarde van het diepzeedraadlood enigszins verminderd en wordt het gebruikt als reserve lodingstoestel, terwijl het tevens kan worden benut om grondsoort-gegevens te verzamelen. Wij dienen ons namelijk te realiseren dat bij alle reusachtige voordelen van het echolood er één ding niet mee mogelijk is, nl. een inzicht te krijgen in de grondsoort. Om allerlei redenen is kennis van de grondsoorten van groot belang en hier kan het draadlood uitkomst bieden.

Het draadlood voor grote diepten bestaat uit een lood van 12, 24, 36 kg of meer, dat aan een dunne stalen draad over een meetkop wordt afgevierd. De meetkop registreert het aantal eenheden, tientallen, honderdtallen en duizendtallen meters draad dat is uitgelopen en activeert tevens

een rem die om de draadtrommel is gelegen zodra het lood de grond heeft bereikt. Het aantal uitgelopen meters is daarmede bekend. Hierna wordt het lood weer ingedraaid, hetgeen geschiedt door een elektromotor die de draadtrommel draait. Als er geen slip zou zijn opgetreden zou de meetkop bij ingedraaid lood weer terug moeten zijn gedraaid tot 0 meter. Hierin eventueel optredende verschillen worden gebruikt om de geregistreerde diepte te corrigeren. In het lood bevindt zich aan de onderzijde een gat, dat volgestopt kan worden met een mengsel van consistentvet en talk. Aan dit mengsel blijft iets kleven van de zeebodem, waaruit de grondsoort kan worden gevonden. Tegenwoordig worden onder aan het lood bodemhappers bevestigd, die van een inrichting zijn voorzien om bij het raken van de grond onder invloed van een sterke veer dicht te klappen en op die manier een deel zeebodem boven te brengen.
Schrijver dezes herinnert zich dat in 1938, in de wateren van Nederlands Indië, een diepzeeloding werd uitgevoerd in 6000 meter water. Er werden geen bodemhappers gebruikt en dus werd het gat onder in het lood volgestopt met talk. Dit werd gedaan door met een voorhamer en een stalen staafje het talkvet in het gat te stampen en daarna weer nieuw talkvet toe te voegen, net zolang tot dat er geen vet meer bij kon. Hierna werd het lood afgevierd, hetgeen met een zinksnelheid van 3 meter per seconde toch nog 35 minuten duurde. Teneinde een zo zuiver mogelijke dieptemeting te verkrijgen, werd intussen met het schip gemanoeuvreerd teneinde de lodingdraad verticaal te houden. Na het bereiken van de grond werd begonnen met indraaien, hetgeen bij een indraaisnelheid van 2 meter per seconde volle 50 minuten in beslag nam. Toen het lood bovenkwam werd onmiddellijk gekeken of er zich grondsoortresten aan het talkvet hadden gehecht. Dit was niet het geval, mede doordat de hydrostatische druk van ongeveer 600 atmosfeer het talkvet 5 cm dieper in het gat had gedrukt! Bovendien viel het op, dat het lood steeds begon te „zweten" nadat het was afgedroogd. Het lood bleek een temperatuur te hebben van ongeveer 8 °C waardoor de waterdamp uit de 30 °C warme buitenlucht ertegen condenseerde. Het lood had in deze abyssale diepten uiteraard de temperatuur van het ter plaatse aanwezige zeewater aangenomen en nog niet geheel verloren bij bovenkomst.
Op geregelde onderlinge afstanden kunnen aan de draad van het diepzeedraadlood ook zeewaterthermometers, waterhappers e.d. worden be-

vestigd, welke gegevens leveren die echter alle behoren tot de oceanografische gegevens en daarom hier verder niet in bespreking komen.
En hiermede is een eind gekomen aan de behandeling van het instrumentarium van die bijzondere geodeet die zich met de onderwatertopografie bezig houdt. Veel van zijn instrumenten, zoals de theodolieten, waterpasinstrumenten, tijdmeters, chronografen, invardraden en dergelijke zijn geheel gelijk aan die van de geodeet die zijn werk op het land verricht. Het hierboven gegevene zal mogelijk hebben bijgedragen tot een beter inzicht in de eisen die aan de hydrografische opnemer worden gesteld alsmede aan het door hem af te leveren werk. Alleen door iets over dat werk te zeggen kon iets worden verklaard van het vaak – in de ogen van de geodeten – eigenaardige instrumentarium waarvan de hydrograaf zich bij zijn werk bedient.
Uiteraard is deze inleiding niet volledig. Er zijn nog verschillende andere instrumenten aan boord van een opnemingsvaartuig waarvan de geodetisch ingenieur beslist niet direct het nut zou vermogen in te zien. Maar de voornaamste zijn hierboven toch de revue gepasseerd. Het hydrografische instrumentarium is een mengeling van navigatorische en geodetische instrumenten, zoals ook de hydrografische opnemer een zeemanskern en een geodetische kern bezit. De zeemanskern brengt hij als zeeofficier reeds mee; deze kern behoeft bij de hydrografische dienst slechts gepolijst te worden. Een geodetische kern moet hem tijdens zijn dienst aan boord van opnemingsvaartuigen worden ingebracht. Een *goede* hydrografische opnemer is echter een produkt van kern*fusie*.

GEODETISCH INSTRUMENTARIUM VAN DE MIJNMETER

DOOR IR. P. A. G. BEUGELS

INGENIEUR BIJ DE STAATSMIJNEN IN LIMBURG

In het volgende zal een korte beschrijving worden gegeven van enige in de mijnmeetkundige praktijk in gebruik zijnde instrumenten – of onderdelen daarvan – die niet door de landmeter worden gebruikt.

De eerste categorie van instrumenten die speciaal door mijnmeters worden gebruikt, zijn gewijzigde landmeetkundige instrumenten. Deze wijzigingen zijn b.v. noodzakelijk omdat in de donkere, vaak lage en smalle ondergrondse ruimten het gebruik van de normale uitvoering niet mogelijk is. Zo vervangt men in vele gevallen de driepoot door de in Nederland geconstrueerde eenpoot (fig. 1) die tussen dak en vloer van de pijler of galerij wordt geklemd en waaraan men terzijde de theodoliet bevestigt. De horizontering vindt plaats in twee fasen, eerst grof door middel van een kogelgewricht, daarna nauwkeurig door middel van de voetschroeven.

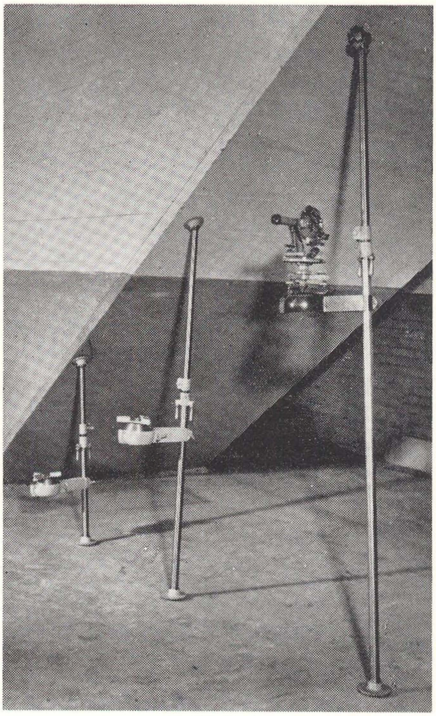


Fig. 1 Drie verschillende uitvoeringen van de eenpoot

Voor de detailopname van de werkpunten bedient men zich van de ophangtheodoliet (fig. 2). Dit is een minder nauwkeurig instrument dan de theodoliet. De horizontale rand kan met behulp van een nonius op 5′ afgelezen en op 2′30″ geschat worden. Men horizonteert het instrument door middel van een doosniveau met een hoekwaarde van 8′. De ophangtheodoliet kan onder zeer ongunstige omstandigheden worden gebruikt. Men past dwangcentrering toe door pinnen en/of klemmen op de gunstigste plaatsen aan de ondersteuning te bevestigen. Deze pinnen en klemmen hebben een as waarop signalen en ophangtheodoliet passen. De horizontale rand is op voorstel van Prof. GROND verdeeld in dubbelgraden. Stelt men het argument van de eerste (uitgangs)lijn in, en repeteert men de hoek, dan vindt men, nadat men de tweede maal op het tweede punt heeft gericht, het argument van de tweede lijn als aflezing. De ophangtheodoliet is eveneens voorzien van een verticale rand die men gebruikt voor eenvoudige goniometrische waterpassingen. Deze waterpassingen worden veelvuldig gedaan in de werken in de laag zelf ter bepaling van de hoogtelijnen van de laag. De profielen en hoogtepunten in de horizontale vervoerwegen waterpast men geometrisch.

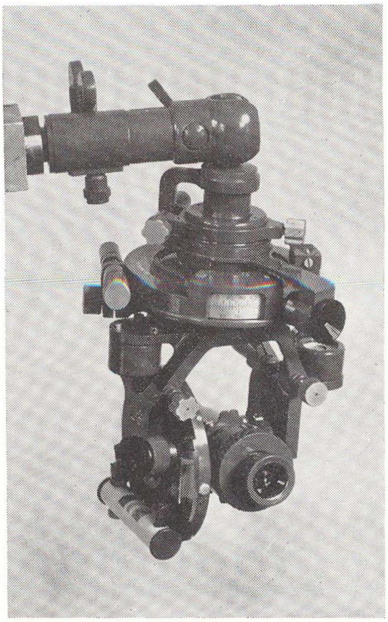


Fig. 2 De ophangtheodoliet

In het buitenland zijn ook ophangtheodolieten geconstrueerd waarmee men een hogere nauwkeurigheid kan bereiken. Men gebruikt deze instrumenten daar, waar in Nederland met gewone theodoliet en eenpoot wordt gemeten. Het nadeel van de ophangtheodoliet is dat men bij normaal gebruik geen meetpunten verzekert. Bij de opmetingen van de zich steeds verplaatsende werkfronten is dat niet van belang; deze metingen dienen immers voor het maken van een momentopname. Van de meetlijnen in de galerijen wenst men zich vaker te bedienen, zodat daar een deugdelijke puntenverzekering van belang is.

Het ondergrondse hoofdpolygoonnet bevat zeer veel „losse poten", vaak meerdere kilometers lang. Daar men er natuurlijk naar streeft zo weinig mogelijk steenkool langs de concessiegrenzen onontgonnen te laten, zeker niet meer dan één meter buiten de voorgeschreven veiligheidsmuur die op vele plaatsen nog slechts vijf meter bedraagt, moet men zowel aan de azimuthbepaling ondergronds (oriëntering) en volgende hoekmeting als aan de lengtemeting de uiterste zorg besteden. Bij de lengtemetingen ten behoeve van het vaststellen van de bewegingen ten gevolge van mijnontginningen zijn nog hogere nauwkeurigheden vereist. Men streeft hierbij naar een nauwkeurigheid van 2 à 4 mm per 100 m. De lengtemeting voor het vastleggen van de hoogte ten opzichte van N.A.P. van de hoogtepunten op de verschillende verdiepingen en het controleren van de verticale bewegingen van de schachtbekleding (schachtwaterpassingen) zijn tot zo'n hoge perfectie opgevoerd, dat de door de fabrieken opgegeven materiaalconstanten niet zonder meer gebruikt kunnen worden. Hier wordt gestreefd naar een nauwkeurigheid in de hoogtebepaling van 1 mm per 100 m. Voor schachtwaterpassingen zijn zeer lange meetbanden, tot duizend meter lang, in gebruik die men verticaal in de schacht hangt. Bij horizontale lengtemeting hoeft men de elasticiteitsmodulus van het gebruikte staal niet te kennen, noch de doorsnede van de band of het gewicht. Men kan er immers voor zorgen dat de spanning in de band gedurende de meting gelijk is aan de spanning gedurende de ijking. Bij een verticaal hangende band is dit niet mogelijk. Men moet dan de correctie voor verlenging door eigengewicht aanbrengen volgens:

$$\Delta l = \frac{p}{q \cdot E}\,(l x_0 - {}^1/_2\, x_0^2)\; 10^3$$

Hierin is: Δl de verlenging door eigengewicht in mm;
p het gewicht van de band per meter in kg;
q de doorsnede van de band in cm^2;
E de elasticiteitsmodulus in kg/cm^2;
l de totale vrijhangende lengte van de band in m;
x_0 het stuk van de band in m, waarvoor de verlenging wordt berekend

Bij een totale vrijhangende bandlengte van 500 m bedraagt de correctie bij 500 m al meer dan 50 mm. De factor $\frac{p}{q \cdot E}$ moet dus op enkele procenten nauwkeurig bekend zijn.

Ook wat de temperatuurcorrectie en de ijking betreft, moeten de hoogste eisen worden gesteld. Globaal verlengt een meetband 1 mm per 100 meter per graad Celsius. Als we weer de diepte van 500 meter als voorbeeld nemen bij een afwijking van 10° Celsius van de ijktemperatuur, dan bedraagt ook deze correctie globaal 50 mm. Dus ook hier is een nauwkeurigheid van enkele procenten vereist. Voor de ijking beschikken de Staatsmijnen sinds enige jaren over een ijkbaan die het mogelijk maakt de lengte van de ene band op de andere te ijken met een nauwkeurigheid van 0,1 mm per 100 m. Deze ijkbaan ligt in de mergelgrotten nabij Valkenburg, waar tot nu toe nog geen bewegingen en temperatuurschommelingen groter dan resp. 0,1 mm en 0,1 °C zijn waargenomen.
De thans in voorbereiding zijnde verdiepingen liggen allemaal tussen 800 en 1000 m diep; de gestelde eisen zijn dus allerminst te hoog.
Het is duidelijk dat een schachtmeetband een wezenlijk ander instrument is dan een meetband voor horizontale lengtemeting en dus mag worden gerekend tot die categorie instrumenten welke alleen door de mijnmeters worden gebruikt.
Duidelijker spreekt dit bij de instrumenten voor de oriëntering van het ondergrondse meetnet. Uiteraard is de oriëntering van de uitgangslijnen voor de reeds eerder genoemde „losse poten" van nog groter belang dan de lengtemeting van deze open polygonen. Bij oriënteringen wordt dan ook steeds gestreefd naar maximale nauwkeurigheid. Deze metingen lopen steeds via de schachten, dit zijn immers de enige wegen die de ondergrondse werken met het maaiveld verbinden. Maar juist omdat de schachten de enige verbindingswegen zijn, is het van belang instrumenten en meetschema's te ontwikkelen die het schachtvervoer zo min mogelijk belemmeren. Geregeld worden ook de verdiepingen onderling georiënteerd. Dit gebeurt dan in tussenschachten die een verticale verbinding vormen tussen twee of meer verdiepingen.
De tot nu toe meest toegepaste oriënteringsmeting is met behulp van inrekening. In twee schachten hangt men een schietlood van het maaiveld tot de te oriënteren verdieping. Van deze loden bepaalt men bovengronds de coördinaten. Ondergronds meet men tussen deze schietloden een polygoon die dan wordt ingerekend. De schietloden zijn honderden meters lange slingers die, als men toestemming heeft gekregen om de hoofdventilator te stoppen, door de resterende natuurlijke trek en vallende waterdruppels in de schacht, vrij onregelmatig slingeren.

Bij de meeste mijnen staan de schachten op afstanden van 50 à 100 m van elkaar, waaruit blijkt dat een vijftigvoudige extrapolatie voorkomt. Gelukkiger is het gesteld met de mijn die een zogenaamde buitenschacht heeft aan de rand van de concessie of ondergronds verbonden is met een andere mijn. Zo kon een verbindingsmeting verricht worden tussen één der hoofdschachten van Staatsmijn Maurits en een ongeveer 3 km zuidoostelijk gelegen buitenschacht van Staatsmijn Emma. Naar het noordwesten moet dan toch nog een open polygoon van circa 6 km lengte worden gemeten. Dit gebeurt op verschillende verdiepingen en men kan door speciale metingen de resultaten onderling controleren (sluitingen). In deze open polygonen komen meerdere lengten van 20 à 30 m voor bij hoge luchtsnelheden ten gevolge van de ventilatie. Om deze moeilijkheden te overwinnen wordt dankbaar en met succes gebruik gemaakt van gedwongen en optische centrering.
De onderlinge oriëntering van twee verdiepingen gebeurde, voordat de door Ir. MOONEN ontwikkelde oriëntering met behulp van de aligneermethode werd toegepast, als regel op de volgende wijze. In de tussenschacht hangt men twee schietloden op zo groot mogelijke afstanden (variërend van 1,50 m tot 2,00 m). Boven en beneden meet men de zgn. aansluitdriehoek (zie fig. 3), die het mogelijk maakt het argument van de verbindingslijn der schietloden op de ene verdieping te berekenen en op de andere verdieping als uitgangsrichting te gebruiken. De schietloden in deze tussenschachten waren slingers van 50–150 meter. Pogingen om de slingering te dempen met behulp van water en/of olie zijn geen succes gebleken en voerden vaak tot foutieve meet-resultaten.

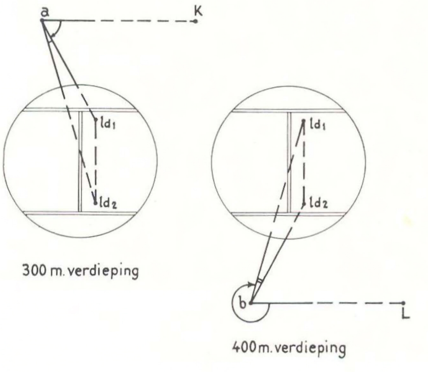


Fig. 3 De aansluitdriehoeken bij een lood-aansluiting

Gemeten wordt:

a – ld_1
ld_1 – ld_2 } afstanden
ld_2 – a

K – a – ld_1
ld_1 – a – ld_2 } hoeken

b – ld_2
ld_2 – ld_1 } afstanden
ld_1 – b

L – b – ld_1
ld_1 – b – ld_2 } hoeken

De door Ir. Moonen in 1953 ontwikkelde methode met behulp van de aligneermethode van Prof. Van Heel wordt in tussenschachten reeds veel toegepast. De toepassing voor hoogteverschillen groter dan 150 m verkeert nog in een experimenteel stadium.
Onder in de schacht bevestigt men op gelijke hoogte O_1 en O_2 (zie fig. 4).

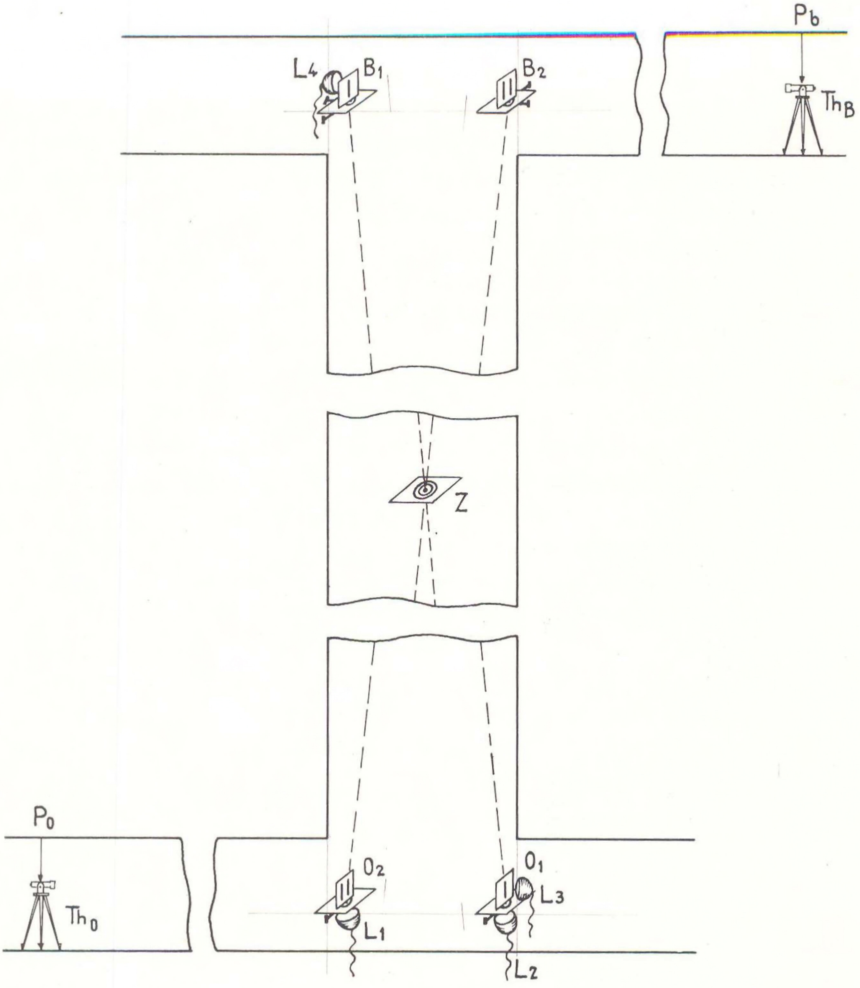


Fig. 4 Overbrenging van het argument volgens Ir. Moonen, met behulp van de aligneermethode van Prof. Van Heel

O_1 is een om een horizontale en verticale as draaibaar verticaal enkelspleetdiafragma, O_2 eenzelfde dubbelspleetdiafragma. Beide diafragma's zijn geplaatst op doorboorde, enkele sleden. Onder O_1 en O_2 bevestigt men puntvormige lichtbronnen die om dezelfde verticale assen als O_1 en O_2 draaibaar zijn. Deze lichtbronnen zenden, als O_1 en O_2 om de horizontale assen zijn neergeklapt, licht uit naar de zoneplaat Z. Met behulp van de slede kan men de lichtbronnen samen met het bijbehorende diafragma loodrecht op het vlak van tekening verplaatsen. Bij de bovenste verdieping brengt men op gelijke hoogte B_1 en B_2 aan, nadat midden tussen O_1O_2 en B_1B_2 de zoneplaat Z in de schacht is bevestigd. B_1 en B_2 worden zodanig aangebracht dat ze ongeveer gelegen zijn op resp. O_1Z en O_2Z. De spleetdiafragma's B_1 (enkel) en B_2 (dubbel) zijn eveneens beide draaibaar om een horizontale en een verticale as en geplaatst op doorboorde kruissleden (fig. 5). In de gaten van de kruissleden zijn loepen gevat waarop instelmerken zijn geëtst. De loepen dienen om het interferentiepatroon waar te nemen. De instelmerken zijn om dezelfde verticale assen draaibaar als B_1 en B_2 en kunnen met behulp van de kruisslede samen met het bijbehorende diafragma evenwijdig aan en loodrecht op het vlak van tekening verplaatst worden.

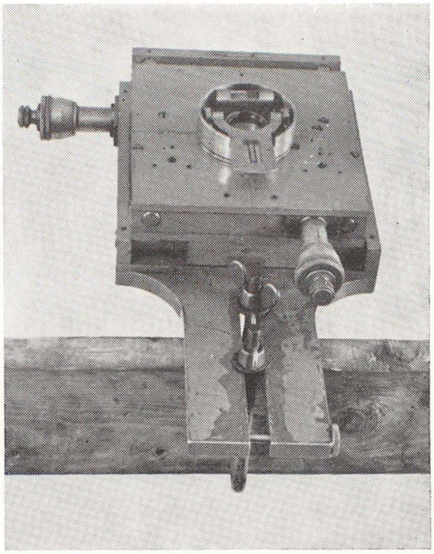


Fig. 5 Dubbelspleetdiafragma, in neergeklapte toestand, op kruisslede (B_2)

De meting verloopt nu als volgt: O_1 en O_2 worden neergeklapt, de lichtbronnen L_1 en L_2 werpen licht op de zoneplaat Z; klapt men nu B_1 en B_2 ook neer, dan zal men met de loepen een ringvormig interferentiepatroon waarnemen. Met de bij de kruissleden behorende micrometerschroeven stelt men de instelmerken op de interferentiepatronen in en leest de micrometerschroeven af. Vervolgens draait men de instelmerken en de lichtbronnen 180° om hun verticale as en herhaalt de instelling en aflezing. Door de micrometer boven op de gemiddelde aflezing in te stellen verkrijgt men twee evenwijdige lijnen: een boven en een onder en wel de

verbindingslijn van de verticale assen bij B_1 en B_2 en de verbindingslijn van de verticale assen bij O_1 en O_2. Deze korte zijden, ze worden immers beperkt door de schachtdiameter die bij tussenschachten steeds kleiner dan twee meter is, worden door een horizontaal alignement verlengd. Hiertoe klapt men de spleetdiafragma's terug in hun verticale stand (fig. 6). Plaatst men nu achter O_1 en B_1 een lichtbron dan neemt men op het verlengde van O_1O_2 en B_1B_2 verticale, lijnvormige interferentiepatronen waar. Men kan de centreerstift van een theodoliet als instelmerk op deze patronen gebruiken, waardoor de theodoliet meteen in de lijn O_1O_2 resp. B_1B_2 wordt opgesteld. Aansluiting van de richting op de ene verdieping en voortzetting van de meting op de andere verdieping kan door hoekmeting plaatsvinden. De excentriciteitsfouten van de spleetdiafragma's ten aanzien van hun verticale assen kan men uitschakelen door het horizontale alignement te herhalen in een 180° gedraaide stand van de diafragma's en de hoekmeting voor aansluiting en voortzetting eveneens te herhalen. O_1 en O_2 zijn op een enkele slede geplaatst omdat men, indien mogelijk, de herhaling van de meting als volgt inricht. Men heeft bij de eerste opstelling ervoor gezorgd dat $O_1O_2 : O_1P_0 = B_1B_2 : B_1P_b$. Verplaatst men nu met behulp van de enkele slede O_1 en O_2 zodanig dat P_0, O_2 en O_1 weer op één lijn komen te liggen, dan zal na het verticaal alignement moeten blijken dat P_b, B_2 en B_1 ook weer op één lijn liggen. Dit levert een controle tijdens de meting.

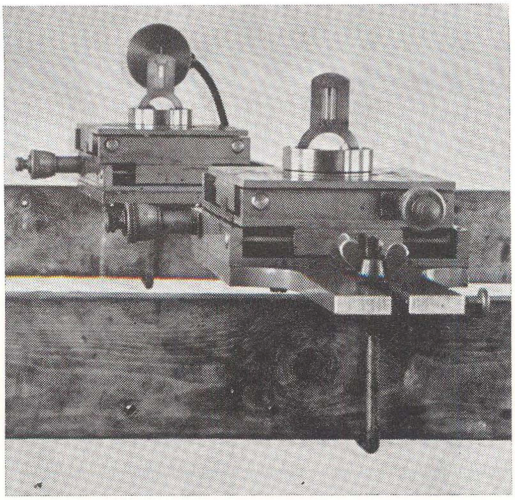


Fig. 6 Opstelling boven in de schacht (B_1 en B_2) tijdens het horizontale alignement

In de Verenigde Staten van Amerika, Rusland en Duitsland worden voor de oriëntering van het ondergrondse meetnet veelvuldig speciaal geconstrueerde gyrokompassen gebruikt. In Duitsland werden reeds in

1914 de eerste pogingen in deze richting ondernomen. In 1947 nam Prof. RELLENSMAN van de Bergakademie van Clausthal het oude project weer ter hand. In 1949 kwam het eerste voor oriënteringsmetingen bruikbare instrument klaar. Omstreeks 1950 werkte Prof. LEHMANN samen met het instituut van Clausthal aan het project. In 1953 nam de mijnmetersafdeling van de Westfälische Berggewerkschaftskasse te Bochum de twee tot dan toe gebouwde instrumenten over om in het mijngebied van Ruhr en Niederrhein geregeld metingen te verrichten. Daar de desbetreffende firma's geen interesse voor de produktie en de ontwikkeling van het instrument toonden, is vanuit Bochum nog steeds in samenwerking met Clausthal de ontwikkeling van het instrumentarium voortgezet. Het laatste in Bochum gebouwde instrument zal hier in het kort besproken worden. De gegevens en afbeeldingen zijn ter beschikking gesteld door de directie van de Westfälische Berggewerkschaftskasse Bochum.
Het belangrijkste onderdeel van de „Meridianweiser" is een gyrokompas dat bestaat uit het anker van een asynchrone draaistroommotor met een toerental van circa 20 000 omwentelingen per minuut. Deze draaistroommotor is opgesloten in een met helium gevulde kogel die nagenoeg torsievrij aan een snoer is opgehangen in een elektrolytische vloeistof (fig. 7). De kogel is aan de onderzijde van ballast voorzien, zodat de draaias van de motor steeds horizontaal staat. Boven op de kogel is een holle pijp met een spiegeltje aan het uiteinde bevestigd. De richtlijn van de om de as van de holle pijp draaibare kijker kan men door middel van autocollimatie in de richting van de normaal op het spiegeltje brengen. De stand van de normaal kan op de cirkelrand worden afgelezen. Als de motor op toeren is, zal zijn as trachten evenwijdig aan de meridiaan ter plaatse te gaan staan. Deze as, dus ook de bol, de holle pijp en het spiegeltje voeren hierbij een nagenoeg ongedempte trilling uit. Men probeert nu niet deze trilling te dempen zoals bij een scheepskompas, maar men stelt in op de keerpunten en leest de stand van de normaal op het spiegeltje in de keerpunten op de cirkelrand af. Er wordt steeds een oneven aantal trillingen waargenomen (ongeveer 5). De gemiddelde aflezing geeft de stand van de normaal op het spiegeltje als de as van de motor evenwijdig aan de meridiaan loopt. Met dezelfde kijker waarmee op het spiegeltje is gericht kan ook op punten worden gericht, zodat men de hoek tussen de normaal op het spiegeltje en een meetlijn waarin de Meridianweiser is opgesteld, kan meten. Is het argument van deze meet-

WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE BOCHUM

Abteilung Markscheidewesen/Kreiselmeßstelle

Meridianweiser 1959

mit optischer Richtungsabnahme und bandgehängter Kreiselkugel

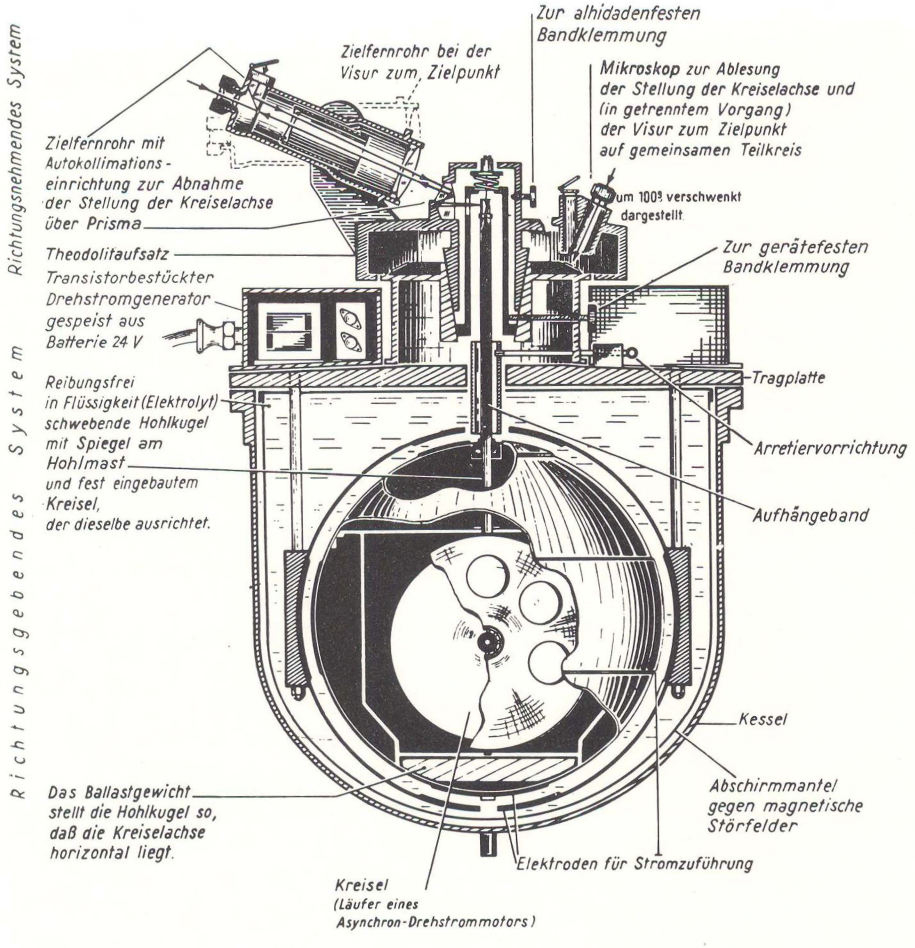
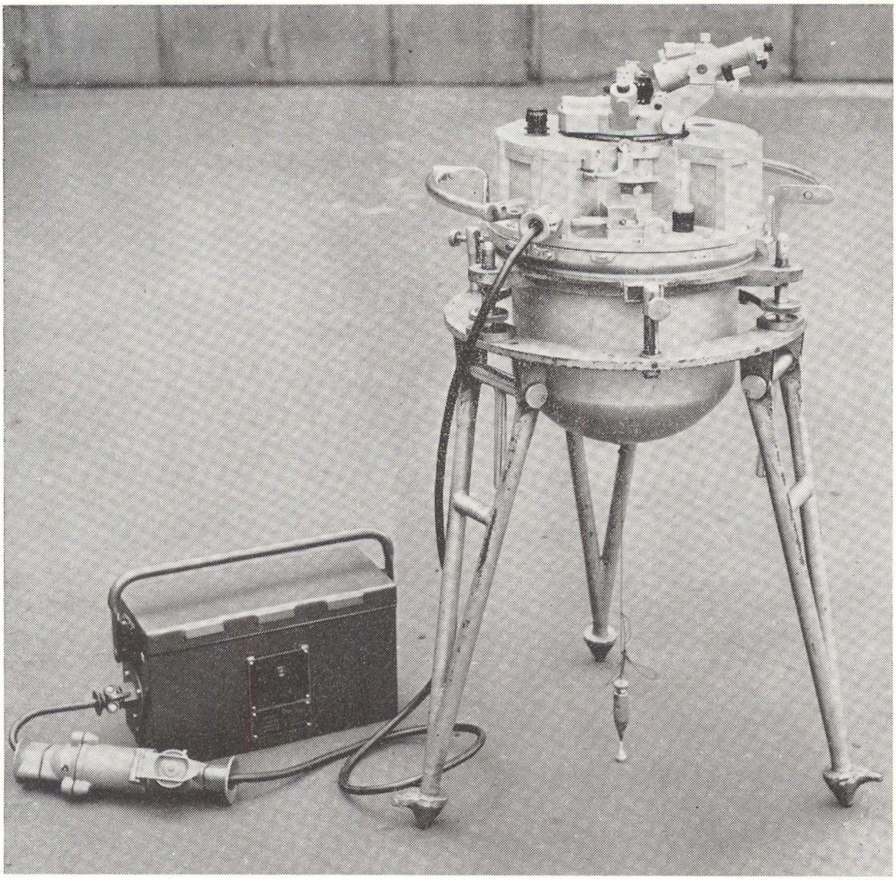


Fig. 7 Schematische dwarsdoorsnede door de Meridianweiser

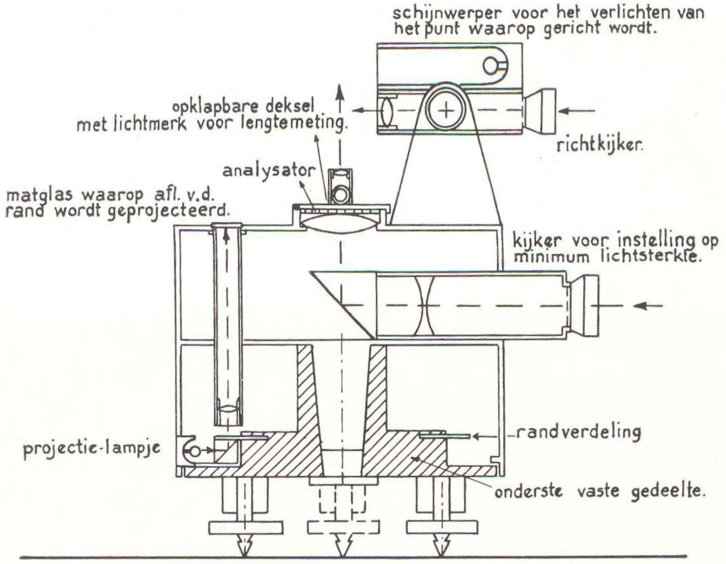
lijn bekend, dan kan men de ijkwaarde bepalen. De ijkwaarde is de hoek tussen de normaal op de spiegel en de as van de motor. Is deze waarde eenmaal bekend dan kan men, door de Meridianweiser ondergronds in een meetlijn op te stellen, de motor op toeren te brengen, de keerpunten van het spiegeltje waar te nemen en de richting van de meetlijn op de rand af te lezen, het argument van deze meetlijn berekenen. Om een kaarthoek te bepalen moet deze waarde nog gecorrigeerd worden met de meridiaanconvergentie tussen het opstelpunt en de oorsprong van het coördinatenstelsel. Volgens de laatste publikaties kan met een Meridi-

Fig. 8 Overzicht van het instrumentarium, gereed voor gebruik



anweiser van het bovenomschreven type een azimuthbepaling met een nauwkeurigheid van 10″ à 20″ ondergronds plaatsvinden. Men heeft door steeds verdergaande verfijning het vermogen dat voor de Meridianweiser nodig is, zo gering weten te maken dat de draaistroom geleverd kan worden door een met transistoren uitgeruste generator die gevoed wordt door accu's. Dit is vooral te danken aan de nagenoeg torsie-vrije ophanging door middel van een snoer. Dit snoer loopt door de holle pijp waaraan het spiegeltje is bevestigd. Vroeger gebeurde dit elektromagnetisch. De ophanging met behulp van het snoer is slechts dan voldoende torsie-vrij als het instrument op een bepaalde wijze wordt opgesteld; dit moet gebeuren op 10° nauwkeurig en levert in de praktijk nooit bezwaren op. De Meridianweiser is ook voor landmeetkundige doeleinden reeds met succes toegepast. Een nadeel is uiteraard dat een gyrokompas in de buurt van de polen niet bruikbaar is.
Op een geheel ander principe berust de methode die geheel door de afdeling Mijnmeten van de Westfälische Berggewerkschaftskasse is ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de trillingsrichting van gepolariseerd licht. In principe is het mogelijk met behulp van de polarisatie-methode oriënteringen uit te voeren. Onderzoekingen in Bochum hebben aangetoond dat men onder zeer gunstige omstandigheden wat betreft de lichtbron, de golflengte van het licht, de polarisator en de analysator en de vergroting van de gebruikte kijker, op een diepte van duizend meter een middelbare fout in het gemiddelde van 1′ kan halen. Voor de meeste mijnen is dit niet voldoende nauwkeurig. Het is dan ook verklaarbaar dat men in Bochum deze methode voor andere doeleinden ging gebruiken en wel voor opmeting van punten in de schachtwand, om verplaatsingen in horizontale richting, die ten gevolge van ontginning mogelijk ontstaan, te kunnen opmeten. Het hieronder besproken instrument is dan ook met dit doel geconstrueerd. Men streefde naar een nauwkeurigheid in de aangemeten punten van 1 à 2 cm.
Men bevestigt enige meters boven de schachtmond aan het maaiveld een lichtbron waaronder een kunststof-foliopolarisator is aangebracht. Ter hoogte van het maaiveld stelt men het instrument op (fig. 9). Dit bestaat uit een vast onderstuk en een draaibaar bovenstuk. Het onderstuk is de drager van de horizontale randverdeling. Met behulp van een projectielampje en een prisma wordt de randverdeling geprojecteerd op een matglazen schijfje van het bovenstuk. Een kijker met verticale vizierlijn en

Fig. 9
Dwars-doorsnede door het instrument voor de oriëntering met behulp van gepolariseerd licht



een analysator voor het objectief zijn het belangrijkste deel van het bovenstuk. Deze kijker dient om het bovenstuk zodanig in te stellen dat de doorlaatrichtingen van polarisator en analysator loodrecht op elkaar staan. Dit kan eenvoudig gebeuren door met deze kijker op minimum lichtsterkte in te stellen. Daar de polarisator star boven de schacht is bevestigd, kan men deze instelling op minimum lichtsterkte als referentierichting gebruiken op alle niveaus in de schacht. Aan het maaiveld meet men een hoek van een in azimuth bekende lijn naar de as van het instrument (fig. 10). Vervolgens richt men met de richtkijker op het laatste punt van deze lijn en leest de rand af. Door nu ook de rand af te lezen bij minimum lichtsterkte kent men het azimuth van de referentierichting. Nu hangt men een schietlood in de schacht en bepaalt met richting en afstand (α_2, l_2) de coördinaten van dit schietlood. Met behulp van de poolcoördinatenmethode kunnen nu alle detailpunten in de schacht worden aangemeten. Voor de lengtemeting is boven het objectief van de verticale kijker een lichtmerk aangebracht dat in de richting van de verticale as een lichtbundel uitzendt die als wijzer op de meetlat dienst doet. Het deksel waarop dit licht is bevestigd, is uiteraard opklapbaar. Door deze meting op geregelde tijden te herhalen kan men de horizontale verplaatsingen van de aangemeten punten op de schachtbekleding

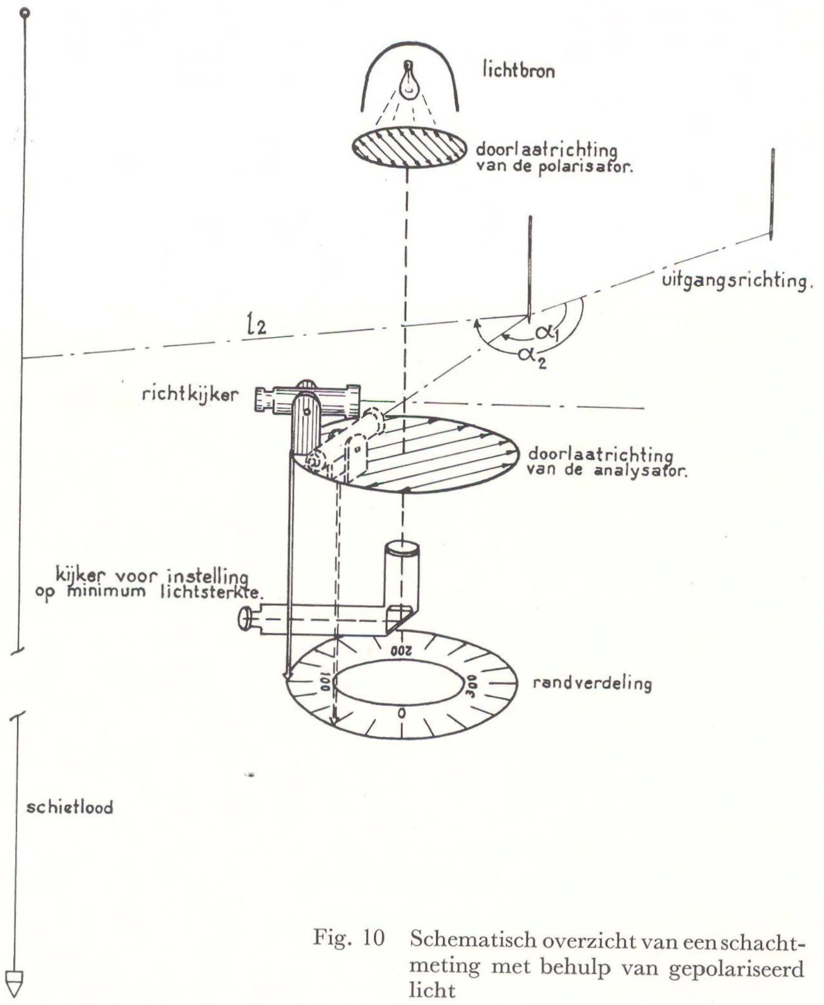


Fig. 10 Schematisch overzicht van een schachtmeting met behulp van gepolariseerd licht

controleren. Bij het geschetste instrument kan men door driemaal herhaalde instelling op minimum lichtsterkte de referentierichting met een nauwkeurigheid van circa 6′ bepalen. De richtingen naar de detailpunten kunnen, door eenmaal met de kijker te richten, met een nauwkeurigheid van circa 3′ bepaald worden. Daar nagenoeg alle schachtdiameters tussen 4 en 9 meter liggen, is inderdaad aan de eis de punten

van de bekleding met een nauwkeurigheid van 1 à 2 cm op te meten, voldaan. Het grote nadeel van de methode is dat noodzakelijkerwijze een schietlood gebruikt moet worden. Het aanbrengen en centreren hiervan is een tijdrovend werk en vereist het stopzetten van de ventilatie van de mijn.

Een tweede belangrijk nadeel is het feit dat alle optische methoden in de regel alleen in intrekkende schachten gebruikt kunnen worden. Schachten waarin de uit de warme mijnwerken gezogen lucht opstijgt vertonen nagenoeg altijd nevelvorming. In de bovenste 20 à 30 m van de uittrekkende schachten is vaak slechts enkele meters zicht.

Steeds grotere bezwaren van de mijnbouwers ten aanzien van het stopzetten van de ventilatie van de mijn en het uitvoeren van langdurige metingen in de schachten, brachten Ir. DRENT en Ir. MOONEN ertoe het schietlood in verschillende schachtmetingen te vervangen door een verticale vizierlijn.

De firma Breithaupt had haar laatste type theodoliet, Teins, op vele punten aangepast aan de verlangens van de mijnmetersafdeling van de Staatsmijnen. Daarom werd een beroep gedaan op de firma Breithaupt die op aanwijzing van Ir. DRENT en Ir. MOONEN een instrument construeerde dat sinds kort in gebruik is (fig. 11). De eerste metingen mogen zeer bevredigend worden genoemd, maar zijn nog te gering in aantal om een volledig beeld te geven.

In het hiervoorgaande zijn een aantal instrumenten en meetschema's beschreven die in het Nederlandse en aangrenzende Duitse mijngebied geregeld worden gebruikt. Er blijkt uit dat ook de mijnmeter gretig gebruik maakt van de resultaten van de onderzoekingen op vele gebieden en dat hij vorderingen maakt bij het uitvoeren van zijn taak die fouten-theoretisch vaak onmogelijk lijkt.

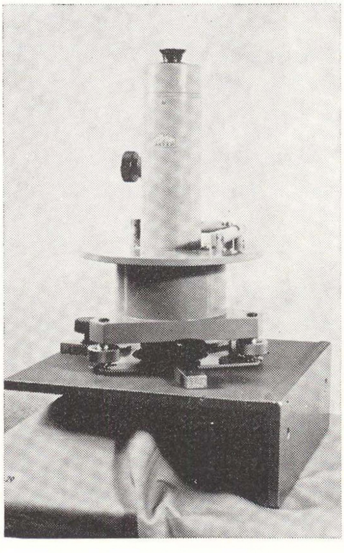


Fig. 11 Schachtlood-instrument

BESCHOUWINGEN AANGAANDE DE GEODETISCHE INSTRUMENTATIE EN DE MEETTECHNIEK BIJ ZUIDPOOLEXPEDITIES

DOOR ING. J. LOODTS

MILITAIR GEOGRAFISCH INSTITUUT, BRUSSEL

In het kader van het Internationaal Geofysisch Jaar richtte België in 1957 een zuidpoolexpeditie in onder leiding van commandant Gaston de Gerlache, zoon van de beroemde ontdekkingsreiziger Adrien de Gerlache, de eerste zuidpoolreiziger die een vijftigtal jaar geleden het waagstuk aandurfde, in Antarctica te overwinteren.

De Belgische zuidpoolexpeditie had niet alleen tot doel het programma van het Internationaal Geofysisch Jaar (1957–1958) te verwezenlijken, maar ook aan landexploratie en terzelfder tijd aan aardrijkskundige opnamen te doen.

In onze hoedanigheid van geodeet-topograaf der expeditie hadden wij o.a. de vraagstukken op te lossen: welke meettechniek, meetmethodes en instrumentatie moet men in het zuidpoolgebied aanwenden?

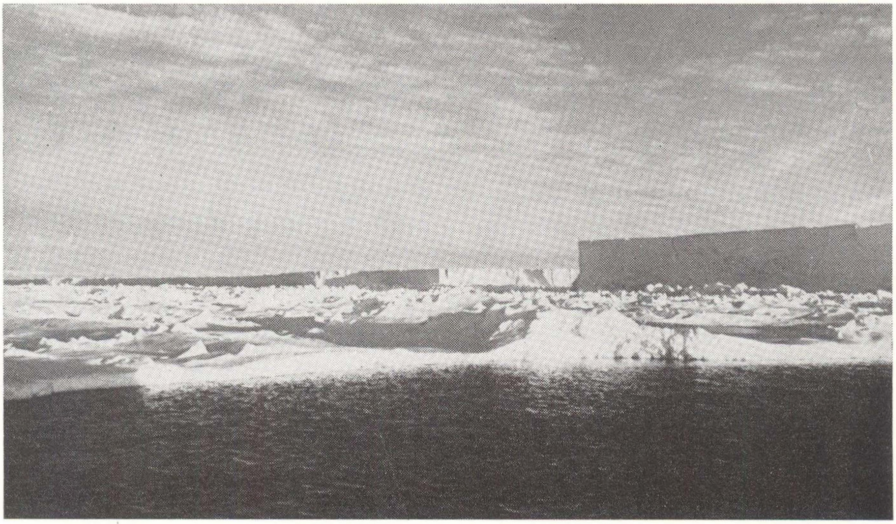
Wat de instrumenten betreft, werd het vraagstuk tamelijk vlug opgelost. Onze financiële middelen waren nu eenmaal beperkt. Bovendien ontbrak ons de tijd om nieuwe toestellen te laten vervaardigen of om ze aan te schaffen. We namen dus gewoonweg de instrumenten mee die ons door verscheidene wetenschappelijke instellingen van het land ter beschikking gesteld werden. De lijst van die apparaten bevindt zich aan het slot van dit artikel.

Een groot aantal van die toestellen hebben wij niet nodig gehad. Toch willen wij er op wijzen, dat het bij een zuidpoolexpeditie van nagenoeg

achttien maanden uiterst geraden is zich van reserve-instrumenten te voorzien. Het gevaar van beschadiging of onklaar worden van een of ander waarnemingstoestel is nooit denkbeeldig. Reservetoestellen zijn dus volstrekt noodzakelijk. Bovendien moesten wij, naargelang van de plaatselijke omstandigheden, iedere meettechniek kunnen toepassen, hetgeen instrumenten van gans verschillende aard vergt.

Alvorens het gebruik en de gedragingen van die toestellen in Antarctica te onderzoeken willen wij eerst iets zeggen over de meettechniek en de meetmethodes die we daar hebben toegepast. Die methodes hangen grotendeels af van de algemene topografie van de te kaarteren streek. We zullen dan ook vooraf een beknopte beschrijving geven van die streek. We ontscheepten in Koningin Maudland, op een punt van de Prinses Ragnhildkust, op 70°17′ zuiderbreedte en 24°18′ oosterlengte. De kust, bestaande uit een 20 tot 25 meter hoge ijsmuur, met talrijke, diepe insnijdingen, strekt zich uit van oost naar west, ongeveer volgens de zeventigste breedtecirkel.
Van de ijskust overschouwt men naar het noorden toe de met ijsschotsen en ijsbergen bezaaide zee. Naar het zuiden toe strekt zich, zover het oog

Fig. 1 De hoge steile wanden (ijskliffen) van de kust



reikt, een oceaan van sneeuw en ijs uit. Deze onmetelijke witte vlakte stijgt volgens een betrekkelijk zachte helling, om op circa 800 meter hoogte een tamelijk gemakkelijke toegang te verschaffen tot de voet van de eerste rotsen, die zich op een honderdtal kilometers van de kust uit de ijskap verheffen. Deze rotsen, de Roemnesberg en de Nordtoppen, zijn de voorposten van de Sor Rondane bergketen. Deze keten, met haar steile rotsen en ontoegankelijke toppen die de 3000 meter overschrijden, strekt zich uit van oost naar west, ongeveer volgens de 72e breedtecirkel, over een lengte van meer dan 200 km, tussen de 21e en de 27e meridiaan ten oosten van Greenwich.
Meer oostelijk, tegen de 31e meridiaan, op 72°30′ breedte, ontdekten wij een kleine bergketen, de *Belgica Bergen*, waarvan de toppen 2000 tot 2500 meter hoogte bereiken.

In deze barre streek, met haar verlaten met sneeuw bedekte vlakten en steile bergen, is het werk van de poolreiziger niet gemakkelijk; het ruw klimaat dat in dit onherbergzaam continent heerst, maakt het nog moeilijker. De temperatuur aan de kust overschrijdt slechts zelden nul graad Celsius, en dit in volle zomer en op het middaguur. 's Winters kan ze tot —50° dalen. In de Belgica Bergen is de thermometer, tijdens ons verblijf in volle antarctische zomer, nooit boven —14° gestegen. Daarbij komt nog, dat de wind in 't algemeen uitermate sterk is en dat zich herhaaldelijk sneeuwstormen voordoen (de beruchte „blizzard").
Het is dan ook begrijpelijk dat, naast de zuiver technische moeilijkheden, andere, dikwijls onvoorzienbare, moeilijkheden oprijzen, die even lastig te overwinnen zijn.

Ons waarnemingsprogramma omvatte onder andere de verbinding van de kustzone met de tweehonderd kilometer meer zuidelijk gelegen bergen. Zoals dit over 't algemeen het geval is voor verkenningen van enige omvang in ongekaarteerd gebied, leek de *luchtfotogrammetrie* de geschiktste werkwijze om het vraagstuk op te lossen. Een brug van luchtfoto's tussen de twee te verbinden zones bood bovendien het grote voordeel, de studie in de zaal toe te laten van de geschiktste toegangsweg tot de bergen.
De eerste proefnemingen, uitgevoerd met een klein Auster vliegtuig voorzien van een fotogrammetrische camera K 24, wezen jammer genoeg uit, dat deze werkwijze diende te worden opgegeven, tenminste voor wat

de ijskop betreft. De strookopnamen, getrokken boven de oceaan van sneeuw en ijs, gaf een opeenvolging van bijna eenvormig witte foto's, zonder één enkel opvallend detail, dat de samenvoeging der verschillende beeldparen zou toelaten.

Een tweede mogelijkheid bestond erin de verbinding door „*triangulatie*" te verwezenlijken. Op het eerste zicht leek het niet onmogelijk de kustzone met de Roemnesbergen en de Nordtoppen te verbinden, door middel van enkele grote, welgevormde driehoeken van dertig tot veertig kilometer zijde. Het probleem der zichtbaarheid tussen de verschillende toppen biedt geen enkele moeilijkheid. Bij helder weer is de keten der Sor Rondane zichtbaar vanaf de Belgische basis, die zich op een vijftiental kilometers van de kust bevindt. Anderzijds vormen de Roemnesbergen en de Nordtoppen, met hun tamelijk gemakkelijk toegankelijke toppen, uitstekende waarnemingspunten, gezien hun hoogte (onderscheidenlijk 1500 en 1100 meter).

Uit het onderzoek van een voorontwerp van triangulatie bleek nochtans spoedig, dat de verwezenlijking praktisch onmogelijk was. De uitrusting der toppen, voornamelijk hun signalisatie, leek uiterst moeilijk. Ze zou het gebruik van materialen gevergd hebben, o.a. balken, die voor het onderhoud van de gebouwen der Basis onmisbaar waren. Bovendien had een luchtverkenning uitgewezen, dat zich in de omgeving van zekere toppen, voorzien voor de triangulatie, talrijke diepe kloven in het ijs bevonden, hetgeen het vervoer van het materieel bijzonder moeilijk en gevaarlijk zou gemaakt hebben.

De signalisatie der toppen door heliostaten of elektrische schijnwerpers bleek onmogelijk ingevolge het gebrek aan personeel. Inderdaad, de geodetische ploeg bestond slechts uit twee personen, de waarnemer en een helper. Ze zou trouwens talrijke verplaatsingen van de ene top naar de andere gevergd hebben, hetgeen uitgesloten was, gezien onze beperkte vervoermiddelen.

De moeilijkheden, die de verwezenlijking van een triangulatie deden oprijzen, brachten ons ertoe de oplossing van het vraagstuk door middel van de *polygonatie* te overwegen. Ongelukkig ontbrak ons het materieel, dat voor een dergelijke onderneming vereist is. Wij misten vooral een toestel voor afstandsmeting door radio-elektrische golven in de aard van de tellurometer. Dit apparaat zou het ons waarschijnlijk mogelijk gemaakt hebben zonder al te veel moeilijkheden de kust met de Roemnesberg te

verbinden, door middel van een polygonaal van een tiental zijden van 15 tot 20 km lengte.
Na uitsluiting van triangulatie en polygonatie, bleven ons nog enkel, voor de verwezenlijking van het kartografisch programma, de methodes van *sterrenkundige plaatsbepaling* over, met alle nadelen daaraan verbonden, voortvloeiend uit de invloed van de plaatselijke afwijking van de verticaal.

Hier duiken nogmaals zekere moeilijkheden op die een waarnemer, gewend aan de middelmatige breedten, niet kan vermoeden. Aan gene zijde van de poolcirkel bevindt de zon zich tijdens een groot deel van het jaar bestendig boven de horizon. Op 70° zuiderbreedte zijn de sterren praktisch niet meer waarneembaar van einde oktober tot half februari. Tijdens deze lange periode kan *enkel* de zon dienen voor de sterrenkundige bepalingen van aardrijkskundige coördinaten. Welnu, in het zuidpoolgebied is deze periode nu juist de geschiktste (zoniet de enige) om „raids" te ondernemen. De talrijke methodes van bepaling door waarneming van sterren (die tot de nauwkeurigste behoren) zijn dus niet bruikbaar tijdens de meeste zomer-raids.
Een van de grote nadelen van het gebruik van de zon, tenminste voor wat de plaatsbepaling betreft, is daarenboven haar geringe hoogte boven de horizon. Op 72° breedte bereikt ze slechts de hoogte van 41° in de culminatie bij de winter-zonnestilstand. Daar de invloed van de straalbreking op geringe hoogten slecht gekend is (voornamelijk in het poolgebied, waar de verschijnselen van „luchtspiegeling" niet zeldzaam zijn), is de periode van de dag dat de waarnemingen mogelijk zijn, zeer beperkt. Inzover men de zon op een hoogte boven de 20° tracht waar te nemen, beperkt deze periode zich praktisch tot twee of drie uur vóór en na de doorgang van de zon door de bovenste meridiaan.
Alle zonnewaarnemingen werden uitgevoerd met behulp van een theodoliet voorzien van het zonneprisma van Prof. Roelofs. Dit prisma heeft ons zeer kostbare diensten bewezen: het heeft ons toegelaten een onverhoopte nauwkeurigheid te bereiken.
Alle astronomische plaatsbepalingen werden volgens de methode der hoogtelijnen uitgevoerd. Zoals men weet omvat de bepaling van een hoogtelijn de gelijktijdige waarneming van de hoogte van een ster, en van het uur, op een chronometer aangegeven.

Fig. 2 Waarnemingen met legering bij een berg

We zijn als volgt tewerk gegaan. De waarnemer, voorzien van een koptelefoon, hoort de „tops", voortgebracht door een chronometer met elektrische schakelaar die elke seconde een contact tot stand brengt, behalve op de minuut. Terwijl hij de „tops" der seconden vanaf de seconde „nul" in gedachten telt, brengt hij (door middel van de langzame bewegingen van de theodoliet) het beeld van de waar te nemen ster in de nabijheid van het middelpunt van het dradenkruis, in contact met de horizontale kruisdraad. Wanneer het contact verwezenlijkt is, houdt hij het in stand en stopt de beweging op het ogenblik van een „top", waarvan hij het volgnummer uitspreekt. De secretaris, die zich vóór de chronometer bevindt, noteert het nummer evenals de minuut en het uur, aangegeven op de chronometer. Vervolgens noteert hij de lezingen van de verticale cirkel, die de waarnemer hem dicteert.
Elke plaatsbepaling omvatte de waarneming van minstens drie sterren, op hoogten boven 45° (straalbreking), in gelijkmatig verdeelde azimutten. In het geval van zonnewaarneming nam men het hemellichaam minstens driemaal waar: omstreeks de doorgang door de bovenste meridiaan en twee tot drie uur vóór en na de doorgang door de meridiaan. Een derge-

lijk programma verzekert een behoorlijke verdeling der hoogtelijnen in azimut; het laat bovendien toe de zon in een zo hoog mogelijke stand waar te nemen en zodoende de invloed van de onnauwkeurigheid op de waarde van de straalbreking zo goed mogelijk te vermijden.

Onderzoeken wij nu de gebruikte toestellen en hun gedraging in Antarctica.

a. *Theodoliet*

Van al de gebruikte theodolieten geven we de voorkeur aan de Wild T 3. Op het eerste gezicht schijnt het verkeerd in de poolstreken een toestel voor eerste orde te gebruiken; in die streken wordt immers niet die nauwkeurigheid van waarneming gevergd die in bevolkte streken geboden is. Evenwel is een teveel aan nauwkeurigheid nooit schadelijk voor zover men niet in „valse nauwkeurigheid" vervalt. Anderzijds, in vergelijking met de T 2, biedt de T 3 het voordeel, de beperking toe te laten van het aantal zetten, vereist voor hoekbepalingen. Het gevolg hiervan is een tijdsbesparing in de waarnemingen hetgeen, gezien de grote koude, niet te verwaarlozen is.
Afgezien van de nauwkeurigheid heeft de T 3 op de T 2 nog dit voor: zijn grotere afmetingen laten een gemakkelijker behandeling met verkleumde handen, ja, zelfs het werken met handschoenen toe. Deze laatste factor sluit het gebruik van de theodolieten van kleine afmetingen volledig uit. Een groot nadeel van de T 3 is zijn groot gewicht (17 kg). Voor raids in de bergen is het dus raadzaam zich van een T 2 te voorzien.

Het contact met een zeer koude (vanaf $-10°$) metalen massa geeft een onaangenaam gevoel van verbranding. Het is niet zeldzaam dat de huid van de vingers aan de metalen schroefkoppen van de theodoliet blijft plakken. Wenselijk ware het deze metalen schroefkoppen door bakelieten te vervangen of ze te overtrekken met een dunne plastieklaag. Wij hebben dit euvel verholpen door die koppen met kleefpleister te omwikkelen.
Het instellen van de theodolietkijker is bijzonder moeilijk wanneer men zich op die onmetelijke witte zuidpoolhoogvlakte, zonder merkpunten, bevindt. Het ware wenselijk de instelring van een afstandschaal, of ten minste van een index voor instelling op oneindig, te voorzien.
Het aanslaan van de kijkers bij grote koude komt vaak voor. De adem

van de waarnemer zet zich dadelijk op het oogglas vast als een ijslaag die alle waarnemingen verhindert. Daarom is het geboden een neusscherm of een masker te dragen. Een chirurgmasker heeft ons goede dienst bewezen. Om dezelfde reden moet men bij tochten vermijden de theodoliet onder de tent te plaatsen. Het vocht, voortkomend van het branden van het fornuis en van de kooklucht, zet zich dadelijk op het toestel vast als ijs, dat alle bewegingen belemmert. De theodoliet moet en mag ongestraft buiten gelaten worden. Bij verplaatsingen zal men hem steeds op de koudste plek plaatsen.
Voor astronomische waarnemingen zou men moeten beschikken over een theodoliet met hoekkijker in de aard van de T 4, maar handelbaarder en lichter.

b. *Het zonneprisma van Prof. Roelofs*
We hebben het zonneprisma van Prof. Roelofs gebruikt voor alle viseringen op de zon. Dit prisma wordt op het objectief van de T 3 geplaatst door tussenschakeling van een volgens-een-straal-gespleten ring. Deze spleet laat licht door en belet elke waarneming. Ze moet dicht gemaakt worden met bijvoorbeeld een stuk kleefpleister.
Het omslaan van de T 3 kijker met het prisma uitgerust is onmogelijk. Bij iedere standverandering (omslag) moet het prisma verwijderd worden, wat telkens een aanpassing van het zonnerozet ten opzichte van de kruisdraden vergt. Dit nadeel werd verholpen door het gebruik

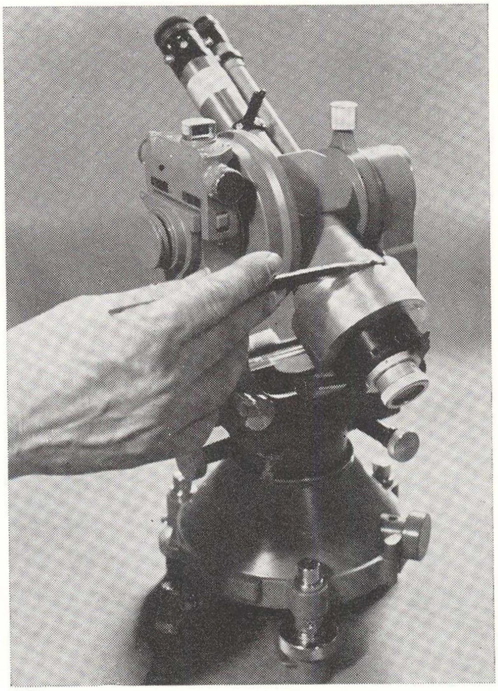


Fig. 3 Prisma van Prof. Roelofs met aluminiumkoker aangebracht op een T 3

van een aluminiumkoker voorzien van twee inkepingen die over de mikkorrels van de miklijnen van de kijker gebracht worden. Het zonneprisma is dan stevig op de koker bevestigd. Bij cirkelstandverandering volstaat het de koker weg te nemen en terug over de twee pinnen te plaatsen, mits men ervoor zorgt, dat het bovengedeelte van het prisma bij de eerste stand onder komt te liggen bij de tweede stand van de kijker. Zo verkrijgt men een juiste standverandering zonder de instelling van het zonnerozet te moeten bijwerken.
De kleurenfilters van het prisma waarover wij beschikten, waren te sterk. Zij lieten slechts de zonnewaarneming toe bij gans open hemel. Het minste wolkje stoorde het mikken. Het ware wenselijk over lichtere filters in het zonneprisma te beschikken mits men het kijkeroculair voorziet van een filter naar goeddunken van de waarnemer.

c. *De waterpassextant*
De luchtbel van de sextant is stuk aan de zuidpool aangekomen (stoot of vorst?). Bij gebrek aan een kunstmatige horizon hebben wij dit toestel, dat op onze tochten zeer nuttig zou geweest zijn, niet kunnen gebruiken.

d. *Het astrokompas*
Het astrokompas is een van de nuttigste toestellen in de zuidpoolstreek, waar de magnetische afwijking niet enkel slecht gekend, maar ook steeds veranderlijk is (geweldige magnetische onweders). Het mag met recht het antarctisch kompas genoemd worden. Een astrokompastrek, zonder zichtbaarheid aan de grond 's nachts en overdag uitgevoerd, gedurende meer dan 24 uur, over een honderdtal kilometers, bracht ons op minder dan 50 meter van het doel.

e. *Het horizontaal telemetrisch baken van twee meter*
De invardraden of -linten zijn vrijwel onbruikbaar in Antarctica wegens de hevige wind. Bij gebrek aan een geodimeter of een tellurometer schijnt het horizontaal invarbaken dus het meest geschikte toestel tot horizontale afstandsmeting te zijn. Het is bijzonder geschikt voor het aanleggen van basissen voor plaatselijke driehoeksmeting, met het oog op de aanhechting van ontoegankelijke punten. In het bijzonder voor polygonatie door geleide centrering is het baken zeer nuttig. Bovendien kan het gemakkelijk tegen de wind beschut worden; zijn geringe afmetingen vergemakkelijken het vervoer.

Fig. 4 Het opstellen van de theodoliet naast een rupswagen (snowcat). Het voertuig beschermt het toestel tegen de wind.

f. *De chronometers*

De menigvuldige schokken die deze toestellen te verduren krijgen gedurende de verplaatsingen per rupsvoertuig (snowcat) of op de hondenslede, sluiten hun gebruik als „tijdwachter" uit. Men dient ze te beschouwen als toestellen voor interpolatie tussen twee of meer bepalingen van uurcorrecties. Deze moderne opvatting kan tegenwoordig verwezenlijkt worden dank zij de menigvuldige uitzendingen van tijdseinen en vooral de doorlopende uitzendingen van tijdseinen van het WWV-type.

Iedere astronomische waarneming wordt dus omlijst door één of meer bepalingen van uurcorrecties. Deze bepalingen dienen zoveel mogelijk plaats te grijpen even voor en even na de waarneming. Een derde bepaling, hetzij vóór, hetzij na de waarnemingen, is onontbeerlijk om eventuele fouten in de bepaling van de uurcorrectie te voorkomen.

Wij bezaten chronometers in sterretijd en gemiddelde tijd (mean time). In principe bedienden wij ons van de chronometers in sterretijd zowel voor sterrenwaarnemingen als voor zonnewaarnemingen.

De chronometer in gemiddelde tijd is nuttig voor de plaatsbepalingen gedurende de raids. Zijn gebruik met de „Nautical Almanac" en de „Tables of computed altitude and azimuth" laat de vlugge bepaling van de hoogte-

lijnen toe. Het grote nadeel van de chronometer in gemiddelde tijd is de onmogelijkheid zijn uurcorrectie te verwezenlijken door de methode van het akoestisch samenvallen met de doorlopende WWV-tijdseinen.

g. *De lintchronograaf*

De lintchronograaf is een zeer kostbaar toestel, vooral voor het bepalen van de uurcorrectie van de chronometers. Hiervoor gebruikten wij het telkens, als dit mogelijk was. Dit toestel is, spijtig genoeg, zeer kwetsbaar. Het gebruik ervan in een veldobservatorium is lastig.

De bepaling van de uurcorrectie diende gewoonlijk te gebeuren door de methode van het „akoestisch samenvallen" door middel van de tijdseinen van het WWV-type. Deze methode is langdradig en lastig. Samenvallen is er slechts alle 365 seconden sterretijd. Indien men enkele nazichten wil uitvoeren, duurt de bepaling ca. 15 tot 20 minuten. Niettemin geeft ze uitstekende resultaten. Het is de methode bij uitnemendheid voor de poolonderzoeker die de „impedimenta" tot het minimum moet herleiden.

h. *De ontvangstradio*

Het ontvangsttoestel moet de golven van 2,5, van 5, van 10 en van 15 megahertz kunnen opvangen, zodat men de uitzendingen van doorlopende of half doorlopende tijdseinen kan ontvangen van de stations WWVH (Hawaï), ZVO (Unie van Zuid-Afrika), JJY (Japan) en WWV (U.S.A.). Zo is men er vrijwel zeker van op elk ogenblik een bepaling van uurcorrectie te kunnen uitvoeren.

Het gebruik van droge voedingsbatterijen dient te worden uitgesloten. Deze zijn over het algemeen slecht tegen de koude bestand.

Het ontvangsttoestel „Zelweger", door de expeditie gebruikt, bestond uit drie gemakkelijk draagbare onderdelen: de eigenlijke ontvanger, een droge batterijenkoker en een met de hand bediende stroomgenerator. Het dekte de golfband van 8 tot 15 megahertz. Het voldeed niettegenstaande zijn beperkte frequentieband.

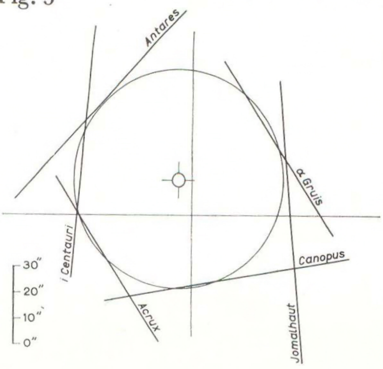
De handgenerator was ons van zeer groot nut.

Ter verduidelijking van het voorgaande geven wij twee voorbeelden van astronomische plaatsbepaling.

Een grafiek van hoogtelijnen, bekomen door sterrenwaarneming, fig. 5 en een grafiek, bekomen door zonnewaarneming, fig. 6.

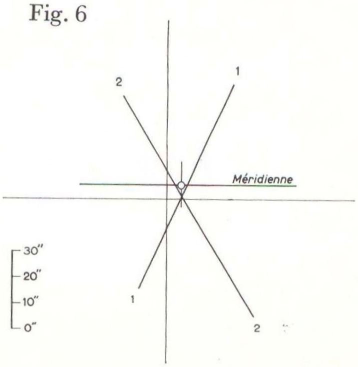
Fig. 5

BAIE ROI LEOPOLD III.



NORDTOPPEN.

Fig. 6



φ_a	$-70°20'30''$	λ_a	$+24°13'00''$	φ_a	$-71°27'20''$	λ_a	$+25°19'00''$
$\Delta\varphi$	$+\quad 13''$	$\Delta\lambda$	$-\quad 15''$	$\Delta\varphi$	$+\quad 6''$	$\Delta\lambda$	$+\quad 17''$
φ	$-70°20'17''$	λ	$+24°12'45''$	φ	$-71°27'14''$	λ	$+25°19'17''$

Lijst van de meegenomen geodetische uitrusting

Een theodoliet Wild T 3 met bijbehorende oculairprisma's, zonneprisma van Roelofs, astrolaatprisma, belichting, instrumentstatieven, voetstukken.
Theodolieten Wild T 2 met bijbehorigheden.
Theodolieten Kern DKM 2 met bijbehorigheden.
Topografische planchetten.
Sextant.
Astrokompassen.
Telemeter.
Horizontaal telemetrisch baken in „invar" van twee meter met statief.
Meetbanden van 20 meter.
Handverrekijker.
Heliostaten.
Elektrische schijnwerpers.
Marine chronometers „mean time" en „sideral time" met elektrische contacten.
Lintchronograaf met twee stiften.
Radio-ontvanger, met handdynamo.
Baakstokken.
Cijferbakens voor waterpassing.
Camera voor luchtkaartering.
Rekenmachine.
Rekenlat.
Logaritmentafel 5 en 7 decimalen.
Trigonometrische tafel.
Connaissance des Temps 1957 et 1958.
Apparent Places of Fundamental Stars 1957 en 1958.
Nautical Almanac 1957 en 1958.
Tables of computed altitude and azimuth (HO 214).

Landmeetkundig Gezelschap „Snellius”

Opgericht 29 november 1940

Ereleden:

G. Homan
Prof. J. M. Tienstra †
Prof. R. Roelofs
J. W. ter Schiphorst
N. D. Haasbroek
Prof. Ir. W. Baarda
Mr. J. H. Jonas
Prof. Ir. G. F. Witt
Prof. Ir. G. J. Bruins

Bestuur:

M. Tienstra
G. C. van Wijnbergen
W. Meinema

Excursiecommissie:

A. Th. B. Putman
J. de Boer
Th. J. Poelstra

Lustrumcommissie:

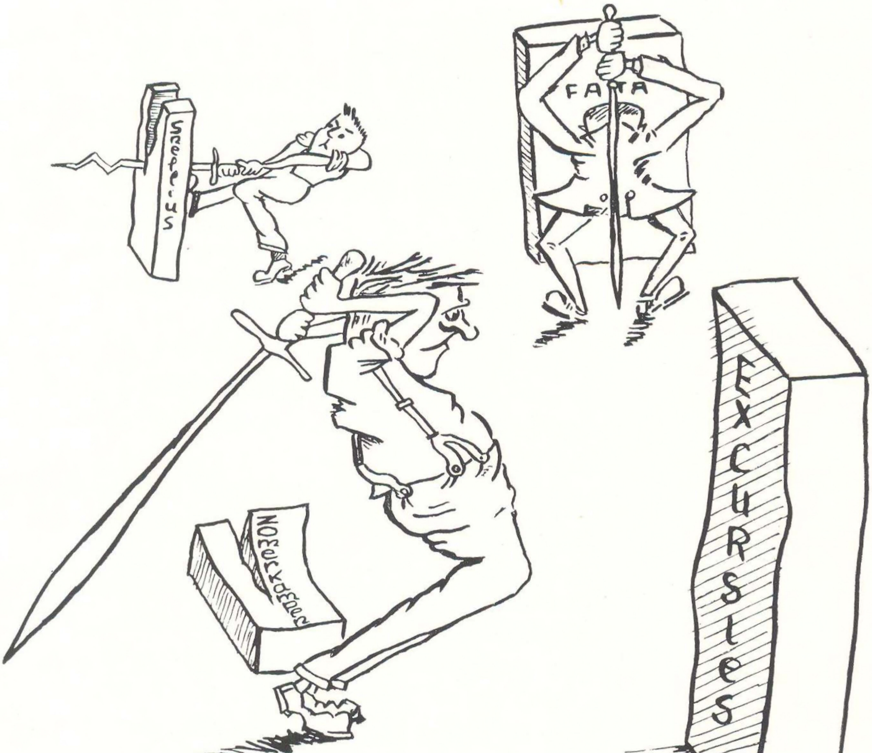
J. J. E. Pöttgens
A. Dekker
A. C. J. M. van der Stee
J. A. G. Roeleveld
J. Betkó

Tentoonstellingscommissie:

M. C. van Wijk
H. Middel
J. F. H. Poll
C. H. H. School
M. Tienstra

Lustrumboekcommissie:

E. R. Bosman
J. C. Blankenburgh
P. T. Koetsier
H. Rietveld
R. Groot



Verslagen.

„SNELLIUS"

IN DE AFGELOPEN VIJF JAREN

Onlangs richtte de redactie het verzoek tot mij enige regels te schrijven over de gedragingen en ontwikkeling van „Snellius" in de laatste vijf jaren. Maar wat is het moeilijk eerlijk commentaar te geven op de levensuitingen van een twintigjarige! Hebben niet talloze auteurs boekdelen geschreven over de problemen, waarmee personen uit deze leeftijdscategorie te kampen hebben? Het ligt niet in mijn bedoeling aan deze reeks nog een artikel toe te voegen. Ik voel mij daartoe in de eerste plaats niet competent en ten tweede zou dit in het kader van dit lustrumboek bepaald niet op zijn plaats zijn.

Laat ik mij daarom meer speciaal bezighouden met de uitingen van „Snellius". Daartoe wil ik uitgaan van het tweede artikel van de Statuten van het Gezelschap:

> „Het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" stelt zich ten doel de uitbreiding der kennis zijner leden en de behartiging der studiebelangen van de ingeschrevenen voor de studie van Geodetisch Ingenieur aan de Technische Hoogeschool".

Om aan deze doelstelling te voldoen hebben de respectievelijke besturen ook in de laatste vijf jaren talrijke lezingen en excursies georganiseerd.

In de eerste plaats komen nu de buitenlandse excursies in mijn herinnering: die naar Parijs in februari 1957 en naar Wenen in februari 1959. Veel van mijn lezers zullen ontsteld zijn over het feit dat „Snellius" in deze vijf jaren slechts in staat was twee buitenlandse excursies te organiseren. Ik kan U echter gerust stellen. De onderafdeling der geodesie, welke min of meer de ouderlijke macht uitoefende over de toenmaals vijftienjarige, achtte het een te grote krachtsinspanning elk jaar een buitenlandse excursie te houden. Hoe steekhoudend de redenen van de ouders ook geweest mogen zijn, ik herinner mij goed hoe moeilijk het was voor de vijftienjarige deze vrijheidsbeperking te accepteren. Het bruisende Gezelschap wilde meer, zeker niet minder. Daarentegen zegt

het spreekwoord: „Beperking verdubbelt het genot". Ik meen dat de juistheid van dat gezegde in dit verband door niemand kan worden betwijfeld. Genoemde excursies, welke elders in dit boek nader zullen worden besproken, kunnen als een volledig succes worden beschouwd.

De besturen hebben het ongedekt tekort op de post „excursies" in evenwicht trachten te brengen door het organiseren van talrijke binnenlandse excursies. Enkele van de meest geslaagde wil ik hier noemen: de bezoeken aan het K.N.M.I. te De Bilt, KLM Aerocarto op Schiphol, Philips' Telecommunicatie Industrie te Huizen, de Hydrografische Dienst te Den Haag, de N.A.M. te Schoonebeek en de Deltawerken. Een volledige opsomming in dit artikel zou een monotone reeks vormen. Daarom laat ik dat graag over aan degene die de kalender zal verzorgen.

Een algemene opmerking, welke zowel geldt voor binnenlandse als buitenlandse excursies mag ik hier nog aan toevoegen. Uiteraard werden genoemde reizen primair georganiseerd om te voldoen aan het gestelde in artikel twee van de Statuten. Kennisname van landmeetkundige ervaringen in binnen- en buitenland is zeker van belang voor de vorming van de volwaardige ingenieur. De excursies van „Snellius" kennen echter nog een belangrijk secundair aspect, met name de algemene vorming. Speciaal kwam dit tot uiting op de beide buitenlandse reizen, waar relatief veel tijd was gereserveerd voor tochten, waarvan de culturele betekenis groter was dan de landmeetkundige. In dit verband herinner ik mij de woorden van Prof. Ir. W. Baarda, toen ik hem het programma voor de excursie naar Wenen ter beoordeling voorlegde. Hij had het die dagen erg druk en was ten gevolge daarvan kort in zijn bewoordingen. Nadat hij het programma bekeken had, was zijn reactie ongeveer als volgt: „Van het geodetische gedeelte zullen jullie niet moe worden. Maak er maar een gezellige reis van".

Tenslotte komt bij de excursies nog een goede karaktertrek van het jeugdige „Snellius" tot uiting. Hoewel opdrachten van hoogleraren nog wel eens problemen kunnen opwerpen, bleek het ook bij deze reizen weer zeer eenvoudig gevolg te geven aan het gezegde van Prof. Baarda: „Maak er maar een gezellige reis van". Het zal voor de deelnemers aan de betreffende excursies niet moeilijk zijn de woorden „Wein und Gesang" te combineren met de „Löwenkeller" en de „Hongaar" in Wenen en de soortgelijke gelegenheden in Parijs, Amsterdam en Maastricht.

In het voorgaande werd reeds de aandacht gevestigd op het belang van

lezingen ter verhoging van de kennis van de geodetische studenten. Vanwege de veelzijdigheid van de onderwerpen, waarover in de laatste vijf jaren is gesproken, is het niet mogelijk hiervan in het kader van dit verslag een overzicht te geven. De onderwerpen varieerden van zuiver geodetische vraagstukken tot de meest extreme randgebieden van de landmeetkunde. In het algemeen meen ik te mogen zeggen dat het grootste belang van de voordrachten ligt in de voorlichting aan de geodetische student. Meer dan bij andere studierichtingen is het voor de geodeet een probleem in welke richting hij zijn werkkring zal zoeken. Door middel van deze lezingen is „Snellius" er ook deze jaren weer in geslaagd om naast bijzonderheden op het vakgebied een tamelijk volledig beeld te geven van de mogelijkheden die voor de geodetisch ingenieur na zijn afstuderen open staan.

Naast deze werkzaamheden die „Snellius" als studievereniging kenmerken, heeft het Gezelschap nog andere activiteiten. Ik kan niet nalaten hierop nader in te gaan. Nog steeds is het een goed gebruik op maandagavond in de „Nieuwe Prins" samen te komen. Deze activiteit heeft echter de laatste tijd sterke ups en downs gekend. Bepaalde categorieën studenten menen, dat een studievereniging de taak van de gezelligheidsvereniging niet mag overnemen. Dit is ook volkomen juist. Het lijkt mij echter zeer goed mogelijk dat „Snellius" niet een gezelligheidsvereniging maar wel een gezellige studievereniging kan zijn. Door het feit dat het Gezelschap relatief klein is, is dit mogelijk. De leden van „Snellius" dienen dit als een voorrecht te beschouwen. Het doet mij genoegen de trek naar de „Nieuwe Prins" weer te zien groeien en ik hoop van harte dat de sfeer van enkele jaren geleden spoedig zal zijn teruggevonden.

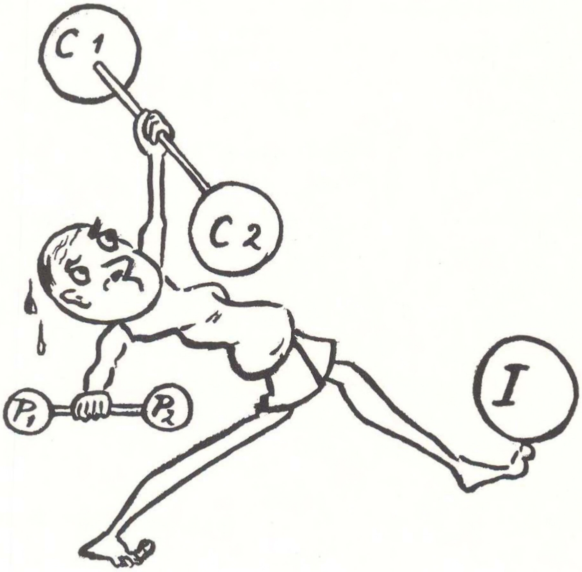
Hierna wil ik nog een bijzondere datum vermelden. Op 1 april 1957 werd het Gezelschap plotseling uitgebreid met acht Hongaarse studenten. Het Gezelschap stelde zich tot taak deze mensen zo snel mogelijk in haar kring op te nemen. Men trachtte de problemen waarmee zij te kampen hadden te begrijpen en ieder deed zijn best om naar vermogen tot de oplossing ervan bij te dragen. De grootste moeilijkheden lagen echter op zuiver persoonlijk terrein. Ik kan het niet nalaten hier mijn bewondering uit te spreken voor de wijze waarop en de snelheid waarmee onze Hongaarse vrienden zich hebben aangepast aan deze zo moeilijke levensomstandigheden. Ik hoop dat „Snellius" ook in de toekomst nog veel voor hen mag betekenen.

Tot hiertoe was er sprake van het interne leven van „Snellius". Nu willen we nog even zien hoe het Gezelschap door buitenstaanders wordt beschouwd. In Delftse kringen, door andere studieverenigingen en studentenorganisaties wordt „Snellius" nog steeds gerekend tot de kleinere. Dit is echter uitsluitend het gevolg van het ledental. Onze nu twintigjarige wordt door een ieder terecht aangemerkt als een volwaardige vereniging.

Ook buiten de studentenwereld onderhoudt „Snellius" nog steeds groeiende contacten met de respectievelijke geodetische verenigingen en instellingen.

Tenslotte wens ik het twintigjarige „Snellius" veel succes in de toekomst, in de hoop dat het Gezelschap nog vele malen, met gelijke voldoening over het verleden, de respectievelijke lustra op klinkende wijze en met klinkende glazen zal kunnen vieren.

Ir. J. M. van Beukering,
oud-voorzitter



BUITENLANDSE EXCURSIES

Excursie naar Parijs van 16 t/m 23 februari 1957

Een weigerende koppeling en een lekke benzineleiding waren er de oorzaak van dat de reis bepaald niet vlot verliep. Door de vele vooroorlogse voertuigen, die Parijs rijk is, voelden de Snelliusleden in hun gebrekkige vehikel zich dan ook direct in deze stad thuis.

Hokkend en stotend werd op de eerste werkdag van deze excursie naar het Staatssecretariaat voor Wederopbouw en Volkshuisvesting gereden. Dat ook hier met moeilijkheden van het verkeer werd kennis gemaakt was evenwel een toevallige omstandigheid. Het betrof een moderne methode om verkeerssituaties te bestuderen. Door middel van luchtfoto's kan men zich namelijk een goed beeld vormen van de intensiteit van het verkeer; zelfs de snelheid, waarmee gereden wordt, is uit de foto's af te leiden.

Behalve het verkeer, bestudeert men de factoren die voor een goed gebruik en een juiste indeling van de grond van belang zijn. Voor deze studie leveren de luchtfoto's gegevens over de plaatselijke cultuurtoestand, de grootte van de industriecentra en de ligging van de recreatiegebieden.

de alom bekende „meter"

De volgende dag werd een bezoek gebracht aan de afdeling van dit staatssecretariaat op het vliegveld Le Bourget. Hier is het luchtkaarteringsbedrijf gevestigd.
Het wetenschappelijke gedeelte van de excursie bestond verder uit bezoeken aan het Bureau International de l'Heure, het Institut Géographique National, de optische fabriek SOM, waar o.a. de Stereotopografen van Poivilliers vervaardigd worden, en tenslotte aan het Bureau International des Poids et Mesures, waar behalve de alom bekende „meter", ook meerdere wetenschappelijke instrumenten bezichtigd werden. Onder andere een uitgebreide ijkapparatuur om meetveren en -banden te controleren.
Dat de Snelliusleden tijdens deze excursie op zeer uiteenlopende manieren hun interesses konden bevredigen, was waar te nemen aan de wijze waarop sommigen in hun vrije tijd langs de boekenstalletjes aan de Seine slenterden, anderen moeizaam de Eifeltoren beklommen, weer anderen hun ogen en oren de kost gaven in musea, opera of cabaret.
Kortom, het was een veelzijdige excursie waarbij lange dagen gevolgd werden door korte nachten.

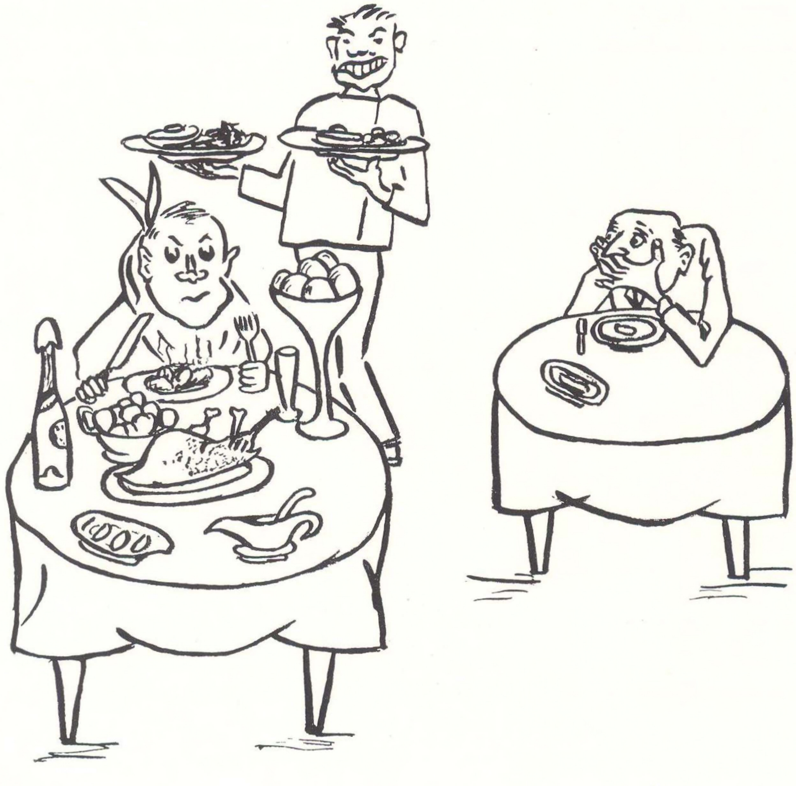
Deelnemers aan de excursie:

Ir. G. J. Bruins
N. D. Haasbroek
J. M. van Beukering
J. C. Blankenburgh
H. J. W. Bloemena
A. Boessenkool
W. F. Bonardt
M. W. F. J. Creusen
E. S. Devid
H. M. G. A. Eggen
C. van Gelderen
J. A. M. Hendrickx
T. van den Hout
R. Kammer
P. T. Koetsier
N. G. H. Koopman
J. F. H. Lindeman
J. H. W. Makkinga
J. van der Mark
H. J. Meuter
J. van Mierlo
T. A. Nieman
J. V. A. Pollen
J. J. E. Pöttgens
H. Rietveld
J. G. Rijsdijk
G. L. Strang van Hees
P. Westerbeek
C. Wiersma
M. C. van Wijk

Excursie naar Wenen van 13 t/m 20 februari 1959

Dank zij de goede organisatie van de spoorwegen deze keer nu eens geen moeilijkheden wat betreft de reis. Op het perron in het Weense West-Bahnhof stonden zelfs een paar blozende Weense studenten van de Oesterreichische Hochschülerschaft, onder gebreide wollen mutsen, om ons welkom te heten. Zij zouden de leiding van het niet-geodetische ge-

deelte van de excursie op zich nemen, en hun Hollandse collega's een indruk geven van de schoonheden van de stad Wenen en omgeving.
Het wetenschappelijke doel van deze excursie bestond in hoofdzaak uit een bezoek aan het Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Hiervan werden de reproduktieafdeling, de afdeling ponskaarten en de groep „Landesaufnahme" bezocht.
Het ponskaartensysteem wordt in Oostenrijk toegepast voor de administratie van het Kadaster en de uitvoering van landmeetkundige berekeningen in de elektronische rekenmachine. Bij de groep „Landesaufnahme" heeft men een studie gemaakt, hoe men tot een maximale arbeidsprestatie bij het werk aan de fotogrammetrische uitwerkingsinstrumenten kan komen. Deze arbeidsanalyse geeft aanleiding tot het



volgende systeem: Elke twee uur worden de waarnemers afgelost, waarna zij gedurende vier uur een geheel ander werk verrichten, b.v. reken- of tekenwerk. Gedurende enkele maanden per jaar verrichten zij zelfs buitenwerk, zoals identificatie van luchtfoto's. Men heeft met deze manier van werkindeling kunnen bereiken dat de uitwerkingsapparaten op een zeer intensieve wijze gebruikt worden.

Ook werd een bezoek gebracht aan de firma Freytag-Berndt und Artaria, een bedrijf dat o.a. atlassen, wegen- en wandkaarten vervaardigt. Een speciale afdeling van dit bedrijf verzamelt gegevens over nieuwe wegen, stadsuitbreidingen, inpolderingen, kortom alle veranderingen over de gehele wereld, zodat het bijwerken van het kaartmateriaal mogelijk wordt gemaakt.

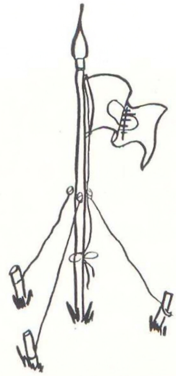
In deze excursie waren verschillende tochten opgenomen, tijdens welke de deelnemers een indruk konden krijgen van de uitingen van de Barok, die gedurende de 17e en de 18e eeuw een belangrijk stempel gedrukt heeft op de bouwstijlen in Oostenrijk.

Ir. M. C. van Wijk

Deelnemers aan de excursie:

Prof. Ir. G. F. Witt
N. D. Haasbroek
J. Betkó
J. M. van Beukering
J. C. Blankenburgh
M. J. M. Bogaerts
W. F. Bonardt
K. Boross
E. R. Bosman
M. W. F. J. Creusen
A. W. van Dam
A. Dekker
J. F. Entrop
W. Flinterman
C. van Gelderen
J. H. van Griethuysen
R. Groot
J. A. M. Hendrickx
R. E. Hoff
T. van den Hout
G. Husti
L. A. Koen
P. T. Koetsier
N. G. H. Koopman
J. Kovács
J. H. W. Makkinga
D. Neeleman
J. J. E. Pöttgens
H. Rietveld
J. A. G. Roeleveld
R. B. Ruitenbeek
L. Schipper
S. A. Schouten
W. Sonnenberg
A. C. J. M. van der Stee
M. Tienstra
G. R. Tóth
S. Tóth–Pál
M. J. M. van der Valk
J. C. L. van Velzen
E. Verschuur
Ir. P. F. H. Wessel
J. A. M. Wolters
M. C. van Wijk
G. C. van Wijnbergen

ZOMERKAMPEN



In de achter ons liggende periode zijn er 5 zomerkampen gehouden, waarvan 3 in Gronsveld in Zuid-Limburg en 2 in het Drentse Borger.
De reis naar het kamp werd altijd gemaakt op alle mogelijke manieren: liftend, per trein, bus, scooter, enz. Een (jaarlijks kleiner wordend) aantal enthousiastelingen fietste zelfs vanuit Delft naar Limburg. Hoe je er kwam was niet belangrijk, als je er maar op tijd was. Het kamp begon namelijk altijd met „koppen tellen". Wie te laat aankwam en geen goed klinkende reden kon opgeven, moest als straf een rondje weggeven. Tot grote spijt van de punctuelen is deze straf nooit opgelegd.
De opening van het kamp ging altijd gepaard met enig ceremonieel. Na het aanhoren van enkele speeches werd de Snelliusvlag gehesen, het Snelliuslied gezongen en het rondje van de Heer Haasbroek naar binnen geslagen.
De opening van het eerste kamp in Limburg kreeg een bijzonder tintje door de aanwezigheid van de voorzitter van de Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie, de Heer Scherpbier. Deze droeg de metalen vlaggemast, een geschenk ter gelegenheid van het derde lustrum, over aan „Snellius".
Wie in een onbekende omgeving komt, kijkt er eens wat rond. Het is dus niet verwonderlijk dat vooral tijdens het eerste Gronsveld-kamp in de vrije tijd bijna niemand in het tentenkamp werd aangetroffen. De (café's in de) omgeving, kersenboomgaarden, Maastricht, zelfs Aken en het Albertkanaal werden, zoals het een goede geodeet betaamt, verkend.
De ronde van Frankrijk werd juist gereden tijdens het verblijf in Limburg. Gelukkig was er een radio in het dagverblijf – een kippenhok. Iedereen kon dus meeleven met de zwoegers. Tot op zekere hoogte heeft dit zelfs inspirerend gewerkt: een paar wielrenners-in-spé doorkruisten een deel van het heuvelige Zuid-Limburg onder het motto: „als ik in de „bergen" ben, wil ik het ook in m'n benen voelen".
Wie na een dag werken niet zoveel energie had om grote tochten te maken, ging naar een van de vele kleine cafeetjes. Na een dag of drie wist iedereen dat het beter was niet in de richting Maastricht te gaan.

De heenweg was niet zo erg; het kamp lag op een heuvel van ongeveer 70 meter hoog (alle eerstejaars hebben dit na veel vergelijken van elkaars meetcijfers – „vereffenen" – vastgesteld). 's Avonds laat, met wat bier in het lijf, was het niet mogelijk naar boven te rijden, dus restte slechts te gaan lopen. Een bepaald café in Eckelrade werd daarna het doel van velen. Behalve het bier, het voetbalspel en de stuivertjes-gokautomaat lokten daar de gezusters. Hun vader heeft zich onvergetelijk gemaakt door een excursie te organiseren naar een bierbrouwerij, waar sommigen te veel, maar niet genoeg dronken.
De bezoekers van de „Kastanjeboom" kwamen soms niet al te vroeg thuis en dan vaak nog luidruchtig ook. Eens brachten ze een trommelslager mee naar het slapende kamp. Bij iedere tent poogde hij een roffel te slaan; z'n maats zongen daarbij het lied: „Moet er nog slaolie wééééézen". Na de tiende tent was het doel bereikt: iedereen was wakker. De nachtbrakers konden dus met een zekere voldoening hun strozak opzoeken. De volgende morgen vroeg werd een scooter achteruit hun tent binnen gereden. De motor werd gestart en draaide even voluit. Iedereen in die tent moest daar wel wakker van worden en deed dat dan ook onder het uiten van series verontwaardigde verwensingen.
Wie uit het voorafgaande de conclusie zou trekken dat er alleen gefeest

wordt tijdens een zomerkamp, heeft het mis. Op de dag van aankomst wordt het werk al verdeeld. De eerstejaars moeten in de regel detailmeten, waterpassen en polygoneren. De tweedejaars krijgen een stuk bos aangewezen waarvan ze een tachymetrische opname moeten maken, de derdejaars moeten een gebied verkennen volgens de eisen van de H.T.W. De laatsten zwerven rond over een gebied van vele vierkante kilometers, zoeken R.D.-stenen, beklimmen torens van kastelen, kerken of kloosters om het uitzicht te controleren. Zij zijn bekend door hun soms vreemde manier van doen, door hun kleding en (vaak) door hun baard van ongeveer twee weken. De Limburgers zijn zoiets niet gewend en vertellen het elkaar als ze er weer een hebben gezien. Het is dus niet verwonderlijk dat eens ergens, op vele kilometers afstand van het kamp, een nieuwsgierige vrouw aan een paar verkennende derdejaars vroeg: „Horen jullie ook bij die stokkenbeweging?"

Vele bewoners van St. Geertruid en Eckelrade wisten meer van de studenten, o.a. dat ze ook aan sport deden. Ieder jaar werd er een voetbal- en een volleybalwedstrijd gespeeld tegen een plaatselijke club of de douane. Dat de Snelliusteams hun best deden, is duidelijk; er was altijd het vooruitzicht van een rondje bij winnen van een wedstrijd.

Tijdens een van de kampen waren ook Tin en Soe, twee Birmese studenten van het ITC, van de partij. Wanneer zij over hun land vertelden, waren er altijd toehoorders genoeg. Tin wist bovendien geloofwaardig te maken dat hij de toekomst kon voorspellen uit de lijnen van je hand. Velen lieten zich de gelegenheid een tiental kinderen voorspeld te krijgen niet ontgaan.

De kampen in Limburg zouden niet volledig geweest zijn, als er niet ieder jaar voor de tweedejaars een excursie naar de mijnen gehouden werd. Het was misschien wat vermoeiend (wie had geen slaap tijdens de lezing?), smerig en soms wat angstig wanneer vlak naast je iets instortte maar niemand zou die ondergrondse uitstapjes hebben willen missen.

De laatste donderdag van de kampperiode werd het afscheid gevierd. Voor deze gelegenheid werd de beste broek, nee niet van stal, maar onder de strozak vandaan gehaald (om de vouw er in te houden). Op de volleybalwedstrijd tussen de wetenschappelijke staf en de studenten, volgde het diner in het kippenhok of buiten onder de bomen, afhankelijk van de weersgesteldheden. In 1956 werd door Ir. Koeman een vaantje aangeboden als herinnering aan het tiende zomerkamp.

Velen die behalve in Gronsveld ook in Borger hebben gewerkt, zullen daar wellicht met weemoed teruggedacht hebben aan het Limburgse land. Niet dat het in Borger slechter was, geenszins, maar het was anders en velen moesten wennen aan de nieuwe omgeving: het café op vijf kilometer afstand, geen kersen maar denneappels, geen excursie naar de mijnen en niet naar een bierbrouwerij. Toch trof men ook in Borger vele traditionele gebeurtenissen aan, zoals de voetbalwedstrijd, die in 1959 zelfs gewonnen werd (hier kan men misschien spreken van een verbroken traditie), volleyballen tegen de met houtvester en boswachter versterkte staf, enfin, het is overbodig een volledige opsomming te geven. Ja, het ontbrak de geodeet in Borger bepaald niet aan luxe: geen stromend water . . ., maar wel keurige tafels en stevige banken en een droog huis, waar een aantal jonge zwaluwen over de rand van hun nest nieuwsgierig neerkeken op de zoals altijd voortreffelijke maaltijden.

Prof. Bruins onthult het bosvarken

Degene die het werken in Borger, ongeacht de hitte of de regen, tot een genoegen heeft gemaakt, heet Verheul en is boswachter van beroep. Hij vertelde veel over zijn werk en onthulde daarbij vele geheimen van het bedrijf dat houtvesterij heet, uiteraard voor zover het geen staatsgeheimen waren. Een excursie langs larix-, eik- en prunus-opstanden stelde de tweedejaars in staat aan elkaar duidelijk te maken waar een afsluit-

richting te zien is op een wijze die in bosbouwkringen geen gek figuur zou slaan: „je gaat rechtdoor tot de Afrikaanse eik-opstand, dan linksaf tot dat veld met prunuspest, dan vind je een „dunningsweg" en daardoorheen kan je Borger zien".

De „cabaret"voorstelling die gegeven is voor de leerlingen van de school voor bijzonder lager onderwijs „Papenvoort", is een bijzondere ervaring geweest. Hoe moeilijk het is gedurende een gehele avond de aandacht van een publiek geboeid te houden, weten velen. Van der Stap en zijn artiesten ondervonden dit temeer daar aan de teksten bijzondere eisen werden gesteld. In één avond werd de voorstelling in elkaar gezet. Het werd een succes en velen hebben zich na afloop dan ook afgevraagd waarom beroepsartiesten zoveel tijd van voorbereiding nodig hebben. Nu moet worden toegegeven dat een deel van het succes van de voorstelling in 1959 toegeschreven moet worden aan een kalf dat tijdens zijn optreden juist bijzonder nodig . . .

Wat doen de geodeten na afloop van zo'n kamp? Werken bij het Kadaster of turen door fotogrammetrische instrumenten . . .!

H. Rietveld
E. R. Bosman

1959

1960

FATA 1955-1960

1955

24 november

Ter gelegenheid van het derde lustrum biedt Mevrouw B. Roelofs–Hoopman namens de echtgenoten van de docenten een („de") nieuwe „Snellius" vlag aan, die ontworpen is door Mevrouw T. Haasbroek–Hessels. Tijdens de receptie zegt de Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie een vlaggemast toe.

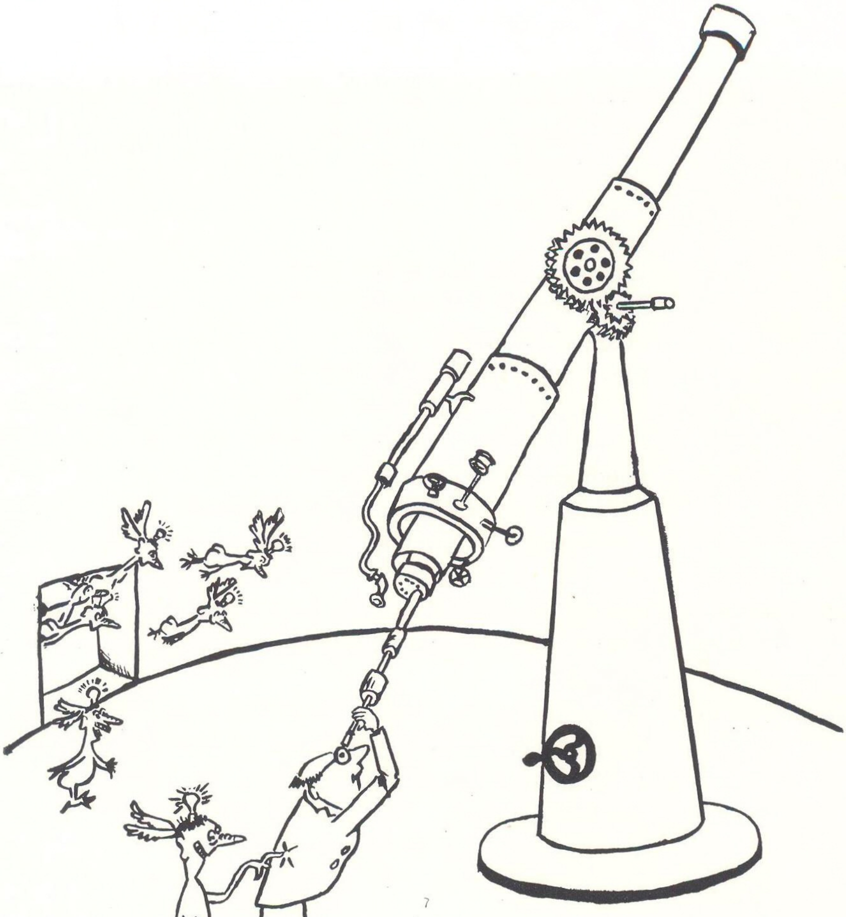
21 december

Vergadering met bestuurswisseling. Als nieuw bestuur werd gekozen: W. Berends, voorzitter; J. M. van Beukering, secretaris; J. H. W. Makkinga, penningmeester.

BA
Schee
KNMI

1956

11 januari	Inaugurele rede van Prof. Ir. G. F. Witt bij de aanvaarding van het ambt van Hoogleraar aan de Technische Hogeschool over „Enige beschouwingen over de ontwikkeling van de ruilverkaveling".
18 januari	Lezing door Dr. B. J. Collette over „Enkele voorlopige mededelingen over het zwaartekrachtsonderzoek van de Noordzee".
22 februari	Lezing door Ir. C. W. Moor over „De taak van de geodetisch ingenieur bij het Kadaster".
16 maart	Algemene ledenvergadering.
21 maart	Excursie naar de M.T.S. te Utrecht en het K.N.M.I. te De Bilt.
25 juni	Opening van het eerste zomerkamp in Gronsveld. De Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie draagt de vlaggemast over.
24 september	Ontvangst van de eerstejaars.
10 oktober	Lezing door W. Berends en M. de Vries over „Rome".
17 oktober	De ouderejaars winnen de traditionele voetbalwedstrijd tegen de eerstejaars met 3–2.
	Lezing door de heer E. Muller over „De taak van de landmeter van het Kadaster bij een herverkaveling".
24 oktober	Excursie naar KLM Aerocarto te Schiphol.
14 november	Lezing door Ir. H. J. van Steenis over „De werkzaamheden van de geodetisch ingenieur in het particulier bedrijf".
29 november	Vergadering met bestuurswisseling. Het nieuwe bestuur werd als volgt samengesteld: M. C. van Wijk, voorzitter; J. C. Blankenburgh, secretaris; G. L. Strang van Hees, penningmeester.
	Viering van de 16e Dies Natalis.

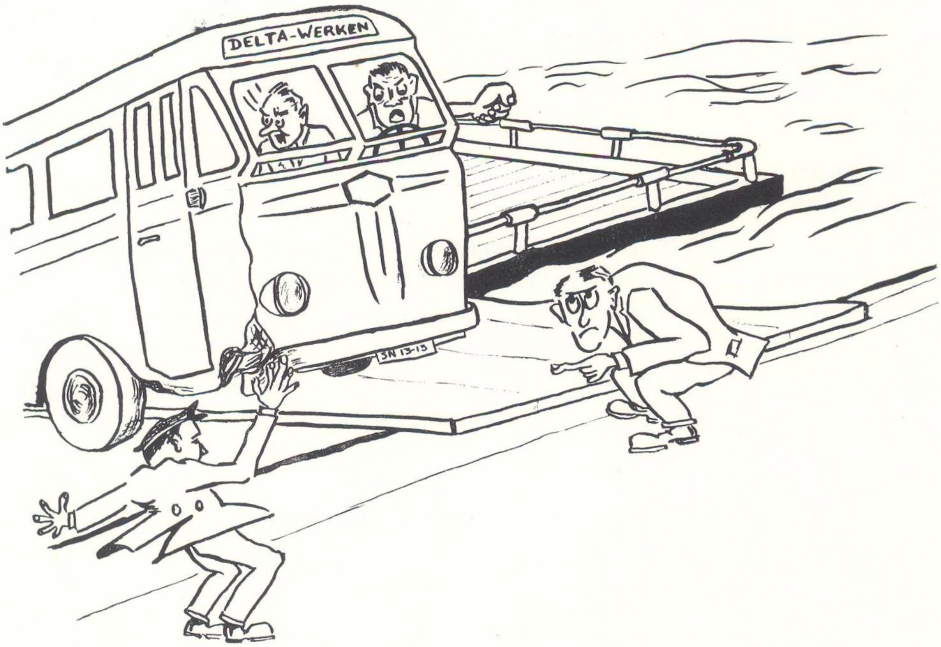


1957

15 januari	Lezing door Ir. J. H. Dijkhout over „De Andesexpeditie 1956".
23 januari	Lezing door Ir. A. J. van der Weele over „De fotogrammetrie bij de Rijkswaterstaat".
16–23 februari	Excursie naar Parijs.
20 maart	Lezing door de heer H. E. Outmans over „De werkzaamheden bij het Bureau voor buitengewoon landmeetkundig werk van het Kadaster".
1 april	De Hongaarse geodetische studenten doen hun intrede in het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius".
10 april	Algemene ledenvergadering.
7 mei	Excursie naar de sterrenwacht te Leiden.
9 mei	Afscheidscollege van Prof. Dr. Ir. F. A. Vening Meinesz.
24 juni	Opening van het tweede zomerkamp in Gronsveld.
23 september	Ontvangst van de eerstejaars.
16 oktober	Excursie naar de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie te Huizen.
21 oktober	In de zaal van de Sportstichting winnen de ouderejaars met 11–0 van de eerstejaars een wedstrijd zaalvoetbal.
6 november	Lezing door Ir. P. J. Bakker over „Het werk van de geodetisch ingenieur bij de gemeente".
11 november	Algemene ledenvergadering.
18 november	Filmvoorstelling verzorgd door het Ingenieursbureau Kaufmann.
27 november	Vergadering en bestuurswisseling. In het bestuur nemen zitting: J. J. E. Pöttgens, voorzitter; E. M. Slotboom, secretaris; P. Westerbeek, penningmeester.
	Officiële opening van de „Snelliuskamer" in het Laboratorium voor Geodesie.
	Viering van de 17e Dies Natalis van het Gezelschap.
23 december	Lezing door Ir. J. G. D. Moonen over „Oriëntering door schachten door middel van de aligneermethode".

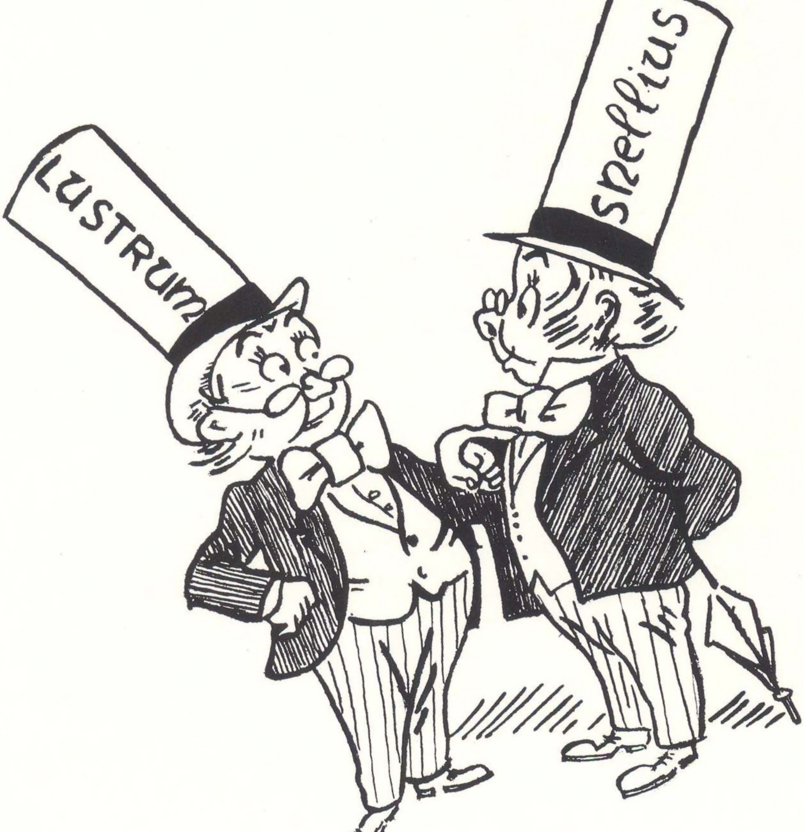
1958

14 februari	Algemene ledenvergadering.
12 maart	Lezing door Ir. G. Bakker over „Zwaartekrachtsmetingen rond Panama”.
19 maart	Excursie naar de Hydrografische Dienst te Scheveningen.
7 mei	Lezing door Ir. R. Jonkers over „Het werk van de geodetisch ingenieur bij de Nederlandsche Heidemaatschappij”.
16 juni	Excursie naar de olievelden van de Nederlandse Aardolie Maatschappij te Schoonebeek.
23 juni	Opening van het derde zomerkamp in Gronsveld.
22 september	Ontvangst van de eerstejaars.
1 oktober	Inaugurele rede van Prof. Ir. G. J. Bruins bij de aanvaarding van het ambt van Hoogleraar aan de Technische Hogeschool over „Geodesie en Gravimetrie”.
15 oktober	Algemene ledenvergadering.
29 oktober	Bestuurswisseling. Het nieuwe bestuur wordt gevormd door: J. M. van Beukering, voorzitter; M. J. M. Bogaerts, secretaris; J. H. W. Makkinga, penningmeester.
10 november	Voetbalwedstrijd ouderejaars–eerstejaars. De uitslag is 5–2.
26 november	Viering van de 18e Dies Natalis van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius”.


DELTA-WERKEN
SN 13-15

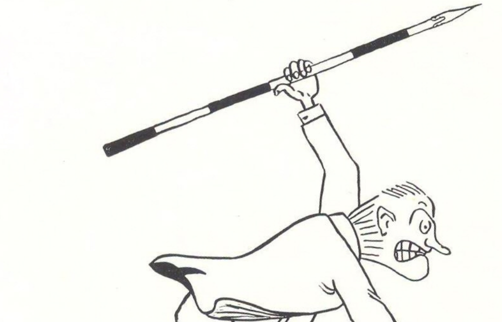
1959

21 januari	Algemene ledenvergadering.
4 februari	Lezing door de heer M. F. Ferwerda over „Enige grepen uit het leven van de praktijklandmeter".
13–21 februari	Excursie naar Wenen.
23 maart	Lezing door Ir. H. L. van Gent over „De toepassing van de fotogrammetrie bij het Kadaster".
22 juni	Opening van het eerste zomerkamp in Borger.
28 september	Ontvangst van de eerstejaars.
14 oktober	Lezing door Ir. A. J. van der Weele en Ir. B. Schoemaker over „De Deltawerken".
20 oktober	Excursie naar de Deltawerken. Bezocht werden de hoogwaterkering in Krimpen aan de IJssel en de bouwput in het Haringvliet.
27 oktober	Vergadering en bestuurswisseling. Het nieuwe bestuur dat zitting zal hebben tot en met de viering van het lustrum in 1960 bestaat uit: M. Tienstra, voorzitter; G. C. van Wijnbergen, secretaris; W. Meinema, penningmeester. In de vergadering zijn tevens de leden van de lustrumcommissie en de lustrumboekcommissie geïnstalleerd.
4 november	De voetbalwedstrijd ouderejaars–eerstejaars wordt zoals gebruikelijk door de ouderejaars gewonnen. De uitslag is 17–0. De wetenschappelijke staf van het Laboratorium voor Geodesie voetbalde tegen een ploeg van „oud Snellius" en won met 4–3.
2 december	Viering van de 19e Dies Natalis van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius". De studenten nemen afscheid van Ies van der Kleij.
16 december	Excursie naar de Optische Industrie „De Oude Delft".


LUSTRUM
snellius

1960

27 januari	Lezing door Dipl.-Ing. S. Herschdörfer over „Landmeetkundig werk in olie-exploratie en -exploitatie".
17 februari	Algemene ledenvergadering.
29 maart	Excursie naar de Deltawerken. In het bijzonder werd de werking van het plaatsbepalingssysteem getoond.
7 april	Lezing door Dr. H. Th. Verstappen over „Foto-interpretatie ten behoeve van geologie en landbouw".
11 april	Benoeming van de tentoonstellingscommissie.
6 mei	Excursie naar Ahrend Fijnmechaniek te Rijswijk.
23 juni	Algemene ledenvergadering.
27 juni	Opening van het tweede zomerkamp te Borger.
26 september	Ontvangst van de eerstejaars.
17 oktober	Voetbalwedstrijd ouderejaars–eerstejaars. Uitslag 7–1.
19 oktober	Algemene ledenvergadering. De lustrumcommissie maakt de plannen voor de lustrumviering bekend. Het nieuwe bestuur wordt gekozen en moet zijn werkzaamheden voorlopig aanvangen als excursiecommissie.
2 november	Excursie naar de Optische Industrie „De Oude Delft".
8 november	Lezing door Klaas Dijkstra over „Mijn aarde is vlak".
26 november	Opening van de tentoonstelling „Kartografie van Nederland" in het Prinsenhof te Delft door Ir. A. Baron Kraijenhoff.
30 november	Lezing door Mr. B. van 't Hoff over „C. R. T. Krayenhoff (1738–1840), de Vader van de Nederlandse Stafkaart".
1 december	Buitengewone vergadering ter gelegenheid van de viering van het vierde lustrum van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius". Benoeming tot Erelid van Mr. J. H. Jonas, Prof. Ir. G. F. Witt, Prof. Ir. G. J. Bruins. Aanbieding van het derde lustrumboek.
2 december	Plechtigheid te Leiden op de plaats waar Willebrord Snel van Royen ongeveer 350 jaar geleden heeft gewoond en gewerkt.
	Galadiner in restaurant „Hoornwyck" en galabal in het Laboratorium voor Geodesie.



MENGEL-
WERK

INDRUKKEN EN BELEVENISSEN VAN EEN VOORMALIG PERSONEELSLID

Toen ik de uitnodiging kreeg om een stukje in het lustrumboek te schrijven, heb ik direct mijn medewerking toegezegd, vooral omdat ik twaalf jaar met en voor de studenten gewerkt heb; en in die tijd hebben wij wel wat met elkaar meegemaakt. Nu waren het niet altijd leuke voorvallen, want in de zenuwachtige examentijd waren wij net zo nieuwsgierig hoe ze het er afbrachten als de kandidaten zelf en bij sommigen waren er dan wel eens wat opbeurende woorden nodig. Maar gelukkig vierde de gezelligheid hoogtij en daarvan wil ik dan een gedeelte weergeven.

Zo begon ik met mijn werkzaamheden aan het Laboratorium voor Geodesie in oktober 1947. Dat was voor mij, zoals het voor iedereen is die zijn voeten voor het eerst op de maatschappelijke ladder zet, erg vreemd. Maar na korte tijd was ik al ingeburgerd, vooral omdat het toen nog een kleine afdeling was en er een gezellige sfeer heerste. Bij het begin van een nieuw cursusjaar waren we altijd benieuwd hoeveel inschrijvingen er waren voor onze afdeling. Dat varieerde in die jaren van het minimum van 7 tot het maximum van 24; dat liep dus nog al uiteen. In de beginperiode is het dan aan weerszijden verkennen. Je merkt al gauw dat de één minder terughoudend is dan de ander en het is wel typerend dat dit op een enkele uitzondering na, de hele studietijd zo blijft. Maar door de instelling van de zomerkampen komt daar wel veel verandering in, vooral nu de studenten in hun eerste jaar al mee gaan. En aangezien de verhouding student–personeel in het zomerkamp meer naar voren komt dan in Delft, omdat je in het kamp meer op elkaar aangewezen bent, zal ik daar hoofdzakelijk over schrijven.

Het is een goed idee van de Sub-afdeling geweest om deze kampen te organiseren, want ik heb van diverse studenten gehoord dat dit een leerzame tijd voor hen is, omdat zij praktijkwerk te verrichten krijgen. Toen aan mij gevraagd werd of ik ook mee wilde gaan om voor de jongens o.a. te koken, samen met de Heer Wensveen, heb ik dat maar aangedurfd.

Daar heb ik nooit spijt van gehad en er is menig jaartje bijgekomen. Zo begon mijn eerste kamp in 1949 in Epen (Limburg). Wij waren daar gehuisvest op een boerenerf met een knaap van een waakhond, waar je vooral in het begin, toen alles nog zo vreemd was voor hem, wel wat voorzichtig voor moest zijn, want hij stond voor niets. Maar zijn twee bazinnen vergoedden veel: Roosje en Tsjita werden knap verwend door de studenten. De slaapplaats voor de studenten was op een hooizolder boven het varkenshok, dus aan een bepaalde airconditioning ontbrak het niet. De slaapplaats van de heer Wensveen en ondergetekende is wel vijf keer veranderd in die tijd. Wij begonnen in de alom bekende Peugeot, maar door lekkages moesten we daaruit. We eindigden op de hooiberg en dat lag vanzelfsprekend best, maar daar hadden we nogal veel inwoning, want de kippen zochten dit warme zachte plaatsje uit om eieren te leggen. Wij moesten 's morgens dus erg voorzichtig zijn met opstaan. Maar ondanks dat is het één van de gezelligste kampen geworden. Wij hebben toen ook nog een kersenfeest meegemaakt in Mechelen. Dat was een echt Limburgs feest, dus goed. Daar was een conferencier, die natuurlijk alles in sappig Limburgs vertelde, wat dus heel moeilijk voor de meesten onder ons te verstaan was. Maar nu hoorden wij bij een liedje dat hij zong in het refrein het woord Ata (geen reclame hoor!). Dus wij blij dat we iets hoorden dat bekend in onze oren klonk, en zodra dan het refrein begon, zongen wij allemaal mee van Ata, Ata: een herrie van je welste. De mensen begrepen er niets van maar vonden het blijkbaar wel grappig want op het laatst begonnen ze allemaal mee te zingen. Maar wij konden ons best aanpassen wat het verdere feest aangaat, dat is wel te begrijpen.
Daarna volgden een paar kampen op Terschelling, waar de accomodatie al beter werd, want toen waren de eerste tenten gekocht. Ieder kamp afzonderlijk te beschrijven is natuurlijk ondoenlijk, maar een paar speciale voorvallen wil ik dan weergeven. Van één van die Terschellinger kampen herinner ik mij nog dat we daar een proces hebben gehad. Wat was nl. het geval: een van de studenten had bloed gevonden op zijn hoofdkussen en vond dit dermate smerig dat hij het aanhangig maakte bij de kampcommissie. Deze commissie stond er om bekend dat ze geen halve maatregelen nam en de dader moest dus opgespoord worden. Er waren al enkele feiten tegen een paar verdachten met de mooie namen: Piet de Peur en Rooie Arie. De samenstelling van de rechtbank was gauw voor

Kampcommissie met
culinaire staf

elkaar en de kleding leverde ook geen moeilijkheden op. Alle zwarte regenjassen, die aanwezig waren, werden als toga gebruikt, als baret dienden schuimrubber zadeldekjes en de witte bef bestond uit handdoeken, dus alles bij elkaar een plechtige stoet. De twee verdachten hadden geen verdediger nodig, daar waren ze zelf wel mans genoeg voor. Om kort te gaan, het werd een vreselijk rumoerig proces, met veel heen en weer gepraat, zodat de leiding de rechter wel eens uit handen liep. Maar tenslotte kwam de dokter (die was er ook plotseling bij) met de mededeling, dat na gedegen onderzoek gebleken was dat het geen bloed maar schoensmeer was. Maar wie dat op het kussen gesmeerd had is nooit uitgekomen. De uiteindelijke uitspraak was dat de beide verdachten werden vrijgesproken wegens gebrek aan bewijs.
Daarna kregen we een serie kampen in Stroe op de Veluwe, waar het nog beter werd met de accomodatie en ook met de inventaris van de keuken. Voor die tijd werden de halve keukenuitzetten van de families Wensveen en Van der Kley meegenomen, nu werd er hoe langer hoe meer in T.H.-verband gekocht. Het is altijd traditie dat er een excursie gehouden wordt in die drie weken. In één van de Stroekampen was er een excursie georganiseerd door de Nederlandse Heidemaatschappij om de bosbouw met ruilverkaveling te bekijken op de Veluwe. Het had reuze interessant kunnen worden, maar het ongeluk wilde, dat het die dag ontzettend regende zodat er op het laatst geen aardigheid meer aan was, zo vreselijk

nat waren we. Maar ondanks die narigheid hebben we toch ook nog wel gelachen, want op een gegeven ogenblik overviel ons zo'n bui net op het moment dat we door een weiland liepen, dus toen er geen mogelijkheid was om te schuilen. Het was geen gezicht want we stonden allemaal gebogen over een sloot om de regen niet zo in ons gezicht te krijgen. Toen er één opmerkte dat we wel een stel paarden leken zoals we er nu bij stonden, konden we toch nog wel de humor er in zien. Maar het grootste succes kwam toch op naam van de Nederlandse Heidemij., want na afloop van dat regenfestijn kregen we een geweldige broodmaaltijd aangeboden; ontzettend wat hebben we daar gegeten, de serveersters hadden wel eer van hun werk.
Na de Stroekampen kwamen we vervolgens weer in vertrouwde omgeving en wel weer in Limburg, nu in Eckelrade. En als je Limburg zegt, denk je ook aan plezier en dat vierde dan ook weer hoogtij. Ook hier wil ik dan één van de vele daar beleefde voorvallen weergeven. Dat was dan in het eerste van de drie kampen in Eckelrade. Het was na de traditionele voetbalwedstrijd, die gespeeld werd in St. Geertruid, dat wij muziek hoorden spelen. Het bleek de schutterij van St. Geertruid te zijn die net een rondwandeling door het dorp beëindigd had. Na een kort gesprek met de directeur van de schutterij, waren ze direct bereid om met de studenten een tocht te maken. En daar gingen we dan op weg, met de Snelliusvlag voorop en het hele corps studenten achter de schutterij. Onderweg moesten de leden van de schutterij heel serieus oefeningen doen, wat bij een mars gebruikelijk is en wat de studenten dan ook probeerden na te doen. Het was natuurlijk een vermakelijk gezicht. Ook bleven we in stijl en gingen serenades brengen bij de woningen van de burgemeester, de wachtcommandant en de directeur. Behalve de studenten waren er ook

heel wat dorpelingen tegenwoordig achter de schutterij, dus het was een hele stoet. Tot slot moesten alle deelnemers met de studenten mee om de dorst te lessen, wat ze dan ook prompt deden.

Een attractie van de Limburgse kampen waren altijd de excursies naar de kolenmijnen. Dit was een hele gebeurtenis voor ons omdat je anders nooit gelegenheid kreeg om ondergronds te komen. Hier ben ik dan ook de Sub-afdeling dankbaar voor dat dit voor mij ook werkelijkheid is geworden.

Het laatste kamp dat ik heb meegemaakt was in Borger, en daar midden in de Drentse bossen is het geen wild kamp geworden. Het was wel het rustigste van alle voorafgaande kampen, dus voor mij een rustig slot.

Het is misschien wel aardig om een aantal hoeveelheden bekend te maken van benodigdheden, die we zo al nodig hebben gehad, om de hongerige magen te vullen. Dat zijn dan geweest verdeeld over de elf zomerkampen die ik heb meegemaakt: 2510 carbonaden, 2305 ballen gehakt, 1540 eieren en 3960 kg aardappelen; de andere vitaminen zijn niet meer na te gaan, dat zou te onnauwkeurig worden. Dus zo te zien hebben de geodetische studenten niet alleen wetenschappelijke kennis naar binnen gekregen.

Als ik nu een terugblik sla op mijn T.H.-tijd, kom ik tot de conclusie, dat het een leerzame tijd is geweest waar ik in mijn verdere loopbaan profijt van kan trekken. Het samenwerken met de studenten was zeer attractief, vooral omdat je geregeld nieuwe personen ontmoette met zoveel verschillende naturen; het voordeel daarvan is, dat men op den duur mensenkennis krijgt, wat een voornaam punt in het leven is. Ik zal altijd met genoegen aan de tijd terugdenken dat ik met de studenten heb samengewerkt. Ik heb er ook nog een blijvende herinnering van overgehouden, want tijdens mijn afscheid van de studenten kreeg ik een prachtig schilderstuk aangeboden en als slot een ontzettend gezellige avond.

Dat „Snellius" een bloeiende en voortvarende vereniging mag blijven, is de wens van een voormalig personeelslid.

IES VAN DER KLEY

HEIJA NORGE!

Wanneer je eenmaal in Noorwegen gewerkt hebt, is het wel heel moeilijk om in je verhalen nog enige objectiviteit aan de dag te leggen. Je vertelt het immers al gauw te mooi, omdat de meest indrukwekkende en fantastische belevenissen je het meest bijblijven. Dit moet u bedenken, wanneer iemand u enthousiast verhalen vertelt over het werk bij een landmeetkundig bureau in het land van de middernachtzon.

Hier zullen geen anekdotes of reisverhalen volgen, maar slechts enkele aspecten die van waarde kunnen zijn voor hen die in dit land praktisch willen werken.

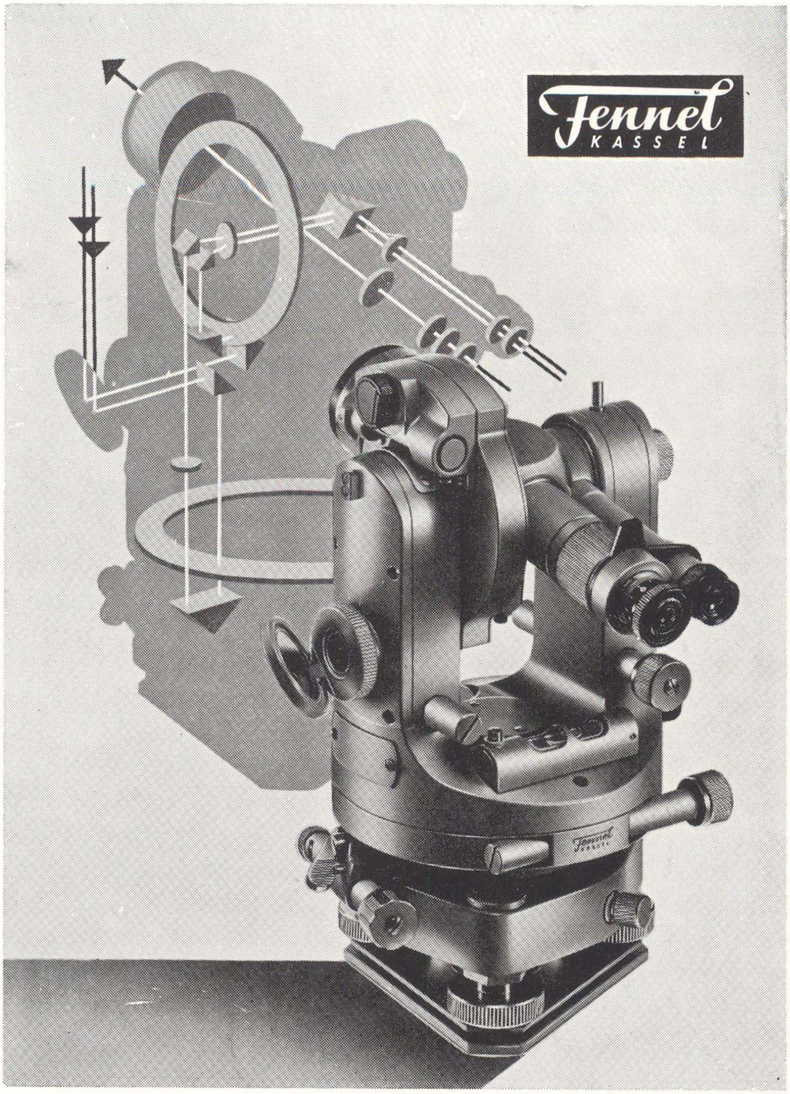
Omdat er een vrij groot gebrek is aan goed geschoolde geodetische krachten is het niet zo heel erg moeilijk bij een of ander landmeetkundig kantoor te werk gesteld te worden. Het land maakt op het ogenblik een sterke industriële ontwikkeling door; vandaar dat veelvuldig waterkrachtcentrales, wegen, tunnels en vele andere civiel-technische werken worden aangelegd. Hieraan voorafgaand is veel landmeetkundig werk noodzakelijk. Als u dan verder weet, dat een goede kaart van heel Noorwegen nog niet bestaat, dan kunt u begrijpen dat de geodetische bureaus zich voorlopig, wat het werk betreft, nog geen zorgen maken.

Er wordt veel verdiend door deze kantoren, met het gevolg dat de modernste instrumenten aangeschaft kunnen worden. Voor de geodetische student is dit vooral aantrekkelijk, omdat hij door de grote zelfstandigheid, die hij al vrij spoedig krijgt, ook de kans krijgt zelf met dit instrumentarium te werken.

De eerste tijd dat je in Noorwegen werkt, kan de taal een barrière zijn. Niet iedereen daar kent Engels en het is nu eenmaal noodzakelijk dat je de meetarbeiders verstaat en instructies kunt geven. Maar na een week of vier brabbel je al een beetje Noors en dan begint het échte leven.

Het kan dan gebeuren, dat je helemaal alleen met een instrument naar het westen of het noorden van het land gestuurd wordt om daar in de bergen en tussen de fjorden, een kaart voor een dam te maken, een meer te loden of te trianguleren. Meestal krijg je het adres van een in de buurt

OTTO FENNEL SÖHNE KG · KASSEL

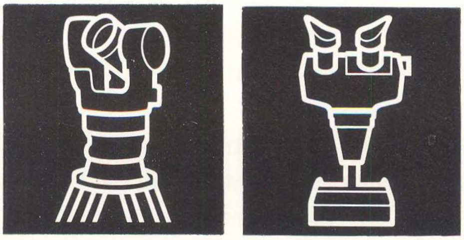


Vertegenwoordiger voor Nederland: **W. VAN DE KAMP**

Van Diemenstraat 11 - Den Haag - Telefoon (070) 39 92 08

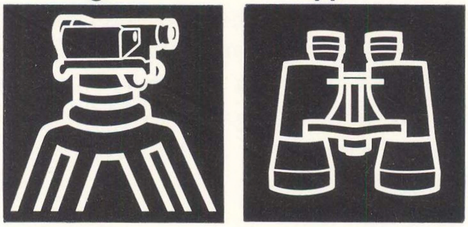
van het werk wonende bergboer, die dan als gids én meetarbeider (goed betaald!) zal fungeren.
Dikwijls moet je uren lopen en klimmen met een zware rugzak. Dit vereist een goede lichamelijke en mentale conditie. Je komt op plaatsen waar de toerist niet komt en je geniet ontzaglijk veel van de prachtige ongerepte natuur, waaraan dit land zo rijk is. Soms heb je een helikopter tot je beschikking, een andere keer niet en moet je overnachten in een eenzame berghut.
Voor wat het werk betreft is het artikel van Ir. J. E. Alberda: „Landmeten in Noorwegen", dat u in het vorige lustrumboek kunt vinden, instructief. Het is voornamelijk „rimboe"-landmeten. Een kenmerk van de laatste jaren is, dat ook de kleine kantoren al aan luchtkaartering gaan doen. Voor de fotogrammeter wordt het werk bij zo'n bureau daardoor meer en meer aantrekkelijk.
Tot slot iets over de Noor zelf. Hij is een bijzonder mens. Langzamerhand zult u zijn goede maar ook zijn minder goede kanten gaan onderscheiden. Hij heeft een hekel aan „formulieren invullen", lust „koffiedokter" (koffie+spiritus), houdt van de natuur en de vrijheid, vist en praat over vissen, is gastvrij, sportief (skisport!) en soms erg slordig. U zult hem tenslotte leren waarderen.
Dit alles, het land, zijn bewoners en het werk dat je te doen krijgt, garanderen een prachtige praktijktijd, waarin je veel kunt leren, variërend van een driehoeksnet plannen en een buitenboordmotor repareren tot aardappelen koken.
Tot ziens in Noorwegen!

Wereldnaam door precisie en technische volmaaktheid



Kern SWISS

KERN - Landmeetkundige instrumenten:
KERN - theodolieten DK, tachymeters
KERN - waterpasinstrumenten GK
KERN - planchet-uitrustingen
KERN - penta-prisma's, loepen
KERN - prismakijkers
KERN - Fotogrammetrische apparatuur



HAAG-STREIT

HAAG-STREIT-Tekeninstrumenten:
ruitpuntenmallen
rechthoekige en
pool-coördinatografen

Alleenvertegenwoordiger:

INGENIEURS-BUREAU KAUFMANN

JOH. VERHULSTWEG 50 - TELEFOON (02560)8753
SANTPOORT-ZUID

ZWITSERLAND

Er is wel eens gezegd van de Zwitser: „Hij kent de kerk van buiten, de kroeg van binnen en de bergen van beneden". Het eerste is waar, het tweede slechts gedeeltelijk, het derde niet (meer). Niet-Zwitsers hebben Zwitserland als bergsportland ontdekt. Zij beklommen vaak als eersten de belangrijkste Alpentoppen. Veel later pas heeft de Zwitser ook liefde voor zijn bergen opgevat. Die liefde is zó hartstochtelijk geworden, dat hij nu als het maar enigszins kan, gaat klimmen of skiën.

In het café zit de Zwitser niet bijzonder vaak; hij kijkt liever naar de televisie op zijn eigen toestel thuis. De meeste vermaakinstellingen zijn dan ook 's avonds naar onze begrippen vroeg gesloten, omdat ieder tamelijk vroeg naar bed gaat. Veel vroeger dan bij ons is het echter weer dag. Wie 's morgens tegen zevenen op straat komt, ontdekt dat het dan al tamelijk druk is; kantoorpersoneel en ateliermeisjes gaan naar hun zaak, veel kinderen moeten om zeven uur al op school zijn.

Iedereen werkt hard. Dat wordt dus ook verlangd van de vele buitenlanders die o.a. door de hoge lonen worden aangelokt. Voor Nederlanders is het wel onwennig dat men geen koffie- en theepauze's kent om wat uit te blazen. Die kwartiertjes renderen niet direct, en dat is hét bepalende criterium. Overigens wordt het harde en lange werken er bij de jeugd al ingebracht: soms hebben middelbare scholieren acht volle uren les op een dag.

Er zijn nog verschillende dingen waar een buitenlander aan moet wennen wanneer hij in Zwitserland woont. Dat geldt wel in de eerste plaats de taal. Ongeveer 72% van de bevolking woont in het Duitse taalgebied. Maar wie meent Hoogduits te kunnen leren, komt bedrogen uit. De Zwitsers spreken een dialect, dat je na een paar maanden wel verstaat. Maar juist de naamvallen, een struikelblok voor de Nederlanders, zijn voor een groot deel geëlimineerd.

De Zwitsers zijn democraten in hart en nieren. Over alles heeft de burger het laatste woord. Ieder jaar moet in iedere plaats vele keren gestemd worden b.v. over de (her)benoeming van plaatselijke onderwijzers,

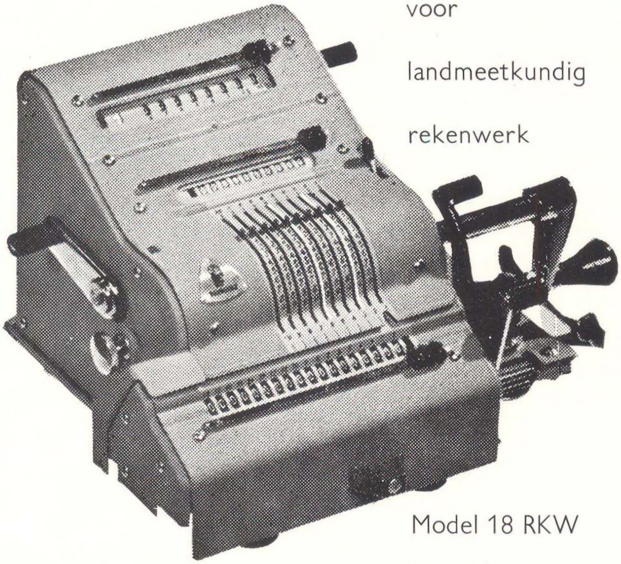
BRUNSVIGA

REKENMACHINES

voor

landmeetkundig

rekenwerk



Model 18 RKW

met tekenknop en

kubeerinrichting

ZARLI N.V. - DEN HAAG

PRINS HENDRIKPLEIN 18 - TELEFOON 320240

leraren en politieambtenaren. De opkomst bij deze stemmingen is in de regel niet zo heel groot. Men kan ook te veel rechten hebben!
Er werken in Zwitserland tienduizenden buitenlanders in vele beroepen. Er wordt vaak enigszins op hen neer gezien. Meestal verdienen ze ook minder dan de Zwitsers die het zelfde werk doen. Iedereen probeert zoveel mogelijk van ze te profiteren en waar mogelijk te plukken.
U zegt dat er nog niets is verteld over het landmeten in Zwitserland? Inderdaad, maar waarom zou ik dat doen? Ga er zelf een half jaar praktisch werken. Dan zult u meer te weten komen dan ik hier op een paar pagina's kan vertellen. Neem, als u er bent, een paar weken vakantie en trek er dan op uit. Vergeet vooral niet Lugano, de Gornergrat en de Jungfraujoch in het reisprogramma op te nemen.
Nog enkele tips. Koop geen mooi gelegen bouwterreinen in het paradijselijke Tessin. Zelfs als het tienvoudige van de waarde wordt betaald, zal de Zwitser u blijven beschouwen als een dief.
Lach altijd als iemand de nationale Zwitserse mop vertelt, zelfs al heeft u hem al honderd keer gehoord. Kent u die nog niet? Wel, luister dan maar: Een onderwijzeres vraagt aan haar leerlingen de namen van drie toppen van 4000 m hoogte te noemen. Genoemd worden de Eiger en de Mönch. De kinderen kunnen de derde, de Jungfrau, niet vinden. De juffrouw helpt door te zeggen: „Denk maar aan mij". Dan zegt Hänsli: „Schreckhorn".

maximum
aan automatie
in de
geodetische
rekentechniek:

de

MARCHANT

SKA- DECI-MAGIC

★ „polygoonberekeningen" met automatische sommering, ongeacht teken

★ automatische kwadratering (met éénmaal instellen) bij uw Snelliuspuntberekening, transformaties enz.

★ automatische kommaplaatsing in alle vensters met één toetsdruk voor matrixberekeningen, normaalvergelijkingen enz.

★ één toetsenbord = één systeem van werken met instelvenster en extra venster voor constante factoren

eenvoud door logische opzet
duurzaam door schokvrij draaiende tandwielen

een unieke combinatie van eigenschappen in één machine!

Veenman kantoormachines n.v.

Rotterdam - Goudsesingel 108 - Tel. (010) 12 01 96
Amsterdam - Keizersgracht 480 - Tel. (020) 3 38 98
Hengelo - Bornsestraat 6 - Tel. (05400) 47 89

„RIMBOE”-ERVARINGEN IN NEDERLAND?

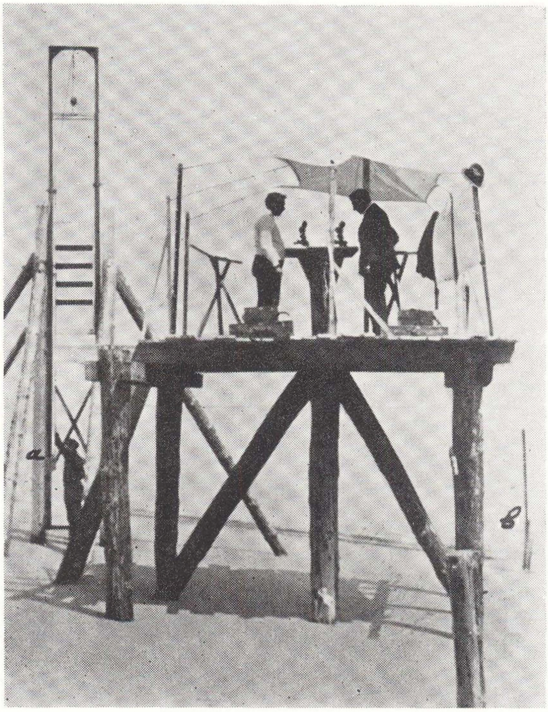
Het vorige lustrumboek zou ik willen karakteriseren als een appèl, gericht tot geodeten-in-wording. Een appèl om na het afstuderen een ondernemend buitenleventje in het buitenland te gaan leiden; welk een wenkend perspectief! Men zie hierover vooral de bijdrage van Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn: „De geodetisch ingenieur, de Verenigde Naties en de wijde wereld”. Evenwel, de vraag rijst: is dan bínnenslands slechts een kwijnend, ambtelijk bínnenleventje mogelijk? Welnu, voor de somberlingen die déze visie „huldigen” volgt hier een moedgevend verhaal met, naar ik meen, therapeutische kwaliteiten.

Ik neem u mee naar de optische overgang over het Vlie in het jaar 1922. De desbetreffende staatscommissie heeft Ir. W. Schermerhorn (inderdaad, dezelfde) met de algehele leiding belast. Met voorbijgaan aan de bijzondere meettechnische eisen die deze waterpassing stelt, deel ik u mee dat beide stations over een gelijk instrumentarium beschikken en dat een groot aantal, gelijktijdig te verrichten, waarnemingen verzameld dient te worden. Was deze gelijktijdigheid bij de Helsdeur en het Eierlandse Gat nog te bereiken met behulp van een paar forse vlaggen, het Vlie (6,5 km) is voor dit primitieve Communicatiemiddel wel wat te breed. In het verslagboek schrijft Ir. Schermerhorn later dan ook: „In het gebrek aan contact tusschen de waarnemers op beide stations, dat met deze werkwijze ontstond, is voorzien door de hulp van een detachement telegrafisten, dat met 2 stations voor radio-telegrafie door den Commandant van het Regiment Genietroepen voor dit speciale doel ter beschikking van de Staatscommissie was gesteld. Het detachement bestond uit Sergeant Dijs, 2 korporaals en 4 soldaten en was uitgerust met 3D-Geräte van Siemens en Halske voor draadloze telegrafie. Ten behoeve van de opstelling van deze radiostations werd, op verzoek van den Commandant der telegrafisten, een verlengstuk gebouwd aan den werkvloer. (. . .) Toen echter bij den aanvang van dit werk bleek, dat het Geniepersoneel ons geen ongestoorde verbinding kon verschaffen en op geen uur

na kon zeggen wanneer er contact met het andere station zou zijn verkregen, moest deze wijze van seinen vanzelf vervallen en moesten wij trachten ons weer met vlaggen te redden, wat mogelijk bleek te zijn, indien men een groot formaat gebruikte."

Over de verbinding met de dorpen zegt het verslag: „De afstand van het station B tot het dorp West-Terschelling bedraagt hemelsbreed ongeveer 5 km. Deze loopt echter geheel over los zand, zoodat een wandeling $1^1/_2$ uur vordert en zeer veel inspanning kost. Van de waarnemers was het niet te verwachten dat zij na zulk een tocht binnen eenzelfden tijd in staat zouden zijn tot het verrichten van behoorlijke waarnemingen. Op grond hiervan geschiedde het transport per paard en wagen. Doch al spoedig bleek dat de paarden tegen dien dagelijkschen tocht met 5 passagiers niet in staat waren, zoodat de passagiers beurtelings moesten loopen. Het transport van materiaal werd daarom tot een minimum beperkt en alleen de om te wisselen instrumenten en een kruik water gingen mee."

Als je dan ook nog leest dat in de stormnacht van 23 op 24 augustus het water de hoogste zomerstand sinds 45 jaar bereikte en er van het hele station op de Noordvaarder slechts wat aangespoeld hout overbleef, dan is het duidelijk dat deze onderneming aan wetenschappelijk inzicht,



Stellage anno 1922 voor de overgang van zeegaten. (Let op de speciaal ontworpen matglasbaak). De heren W. Schermerhorn en A. Smits rechten juist hun rug na het instellen van de kijkers.

vindingrijkheid, moed en doorzettingsvermogen de hoogste eisen stelde; en dat in ons knusse vaderlandje!

Maar, zo zal men tegenwerpen, dat is zo'n 40 jaar geleden, tegenwoordig doen we zoiets toch zeker „hydrostatisch"! Beschik je dan bovendien nog over moderne communicatiemiddelen als mobilofoon en landrover, dan loopt de zaak op rolletjes en is alle avontuurlijkheid van het landmetersbestaan in ons aangeharkte Nederlandje wel verdwenen. Ja, ja . . .

Welnu, die hydrostatische herwaterpassing ís uitgevoerd. Op een woensdagavond vertrekken we uit Delft naar Harlingen, waar we ons inschepen aan boord van het Rijkskabelschip „Poolster". En tussen 30 september en 10 oktober, nu een jaar geleden, speelt zich een uniek stukje werk af. Ik zwijg over de verkenning, over de spannende uren tijdens het uitleggen van de kabel, over de ijspalen-aanvoer voor de vloeistofbarometers uit Harlingen, en zeg alleen iets over ons kamp. Gedrieën zullen we een week lang op de onafzienbare vlakte van de Noordvaarder kamperen, dag en nacht waarnemingen verrichtend, temperaturen opnemend, waterpassend naar NAP bouten. Met om de twee uur mobilofooncontact (inderdaad!) met het station Vlieland en eenmaal 's daags getweeën of alleen per landrover (inderdaad!) naar de beschaafde wereld: dineren in hotel Oepkes, ijs afhalen bij de veerdienst, de mandfles met water vullen en levensmiddelen inslaan. Machtig, zo'n „ruig" leventje!

Maar ach, de Noordvaarder is zo verraderlijk. Op een keer raken we het spoor bijster en zinken we tot aan de bumper weg in een mengsel van zand en klei.

Natuurlijk, er liggen wel aangespoelde planken, en natuurlijk, je hebt een schop bij de hand. Maar als je dan 50 meter verderop weer wegzinkt, zinkt de moed je eenparig in de schoenen . . . Op een middag halen we ternauwernood de garage: het rempedaal weigert, de koppelingsplaten liggen eruit en alles zit zo onder zout en zand dat de wagen broodnodig helemaal uit elkaar moet: wielen eraf, motor eruit, enz. De landrover van de vrachtrijder is natuurlijk stuk, de lorreboer kan de zijne niet missen en de voor de politiejeep verantwoordelijke man is onvindbaar; daar sta je met je levensmiddelen en ijspaal in de kou! Na enig soebatten bereiken we toch nog iets: een LSK-exemplaar zal ons aan het strand afleveren, maar: alleen voor deze éne keer! Enfin, de kampbevolking is weer compleet en het voedsel toereikend voor een dag. Onze broeders

aan de overkant worden draadloos ingelicht, wellicht zullen zij per telefoon LSK-Terschelling kunnen verbidden . . . en de volgende morgen vernemen we dat dit inderdaad gelukt is!
Edoch, als ik 's avonds om 6 uur de wacht in de waarnemerstent weer overneem, krijgen we de schrik van ons leven. In korte gejaagde zinnen hijgt Ir. de Bruijn alarmerend nieuws over: „LSK-Terschelling kan de Noordvaarder niet over. Zij brengen jullie géén eten! Nu zal een helikopter van LSK-Vlieland zo meteen het allernoodzakelijkste droppen. Ik hoor hem al overrazen. Zoek snel een terrein uit waar hij het af kan gooien en spreid daar jullie grootste vlag duidelijk zichtbaar op de grond. Ze zijn bang dat ze jullie kamp niet kunnen vinden." Als gekken kappen we de schoor- en waslijn aan onze vlaggemast, maar ik kan de gedachte aan een goeie grap niet uit m'n hoofd zetten; gisteren reed die jeep toch ook!
Op hetzelfde moment trekt een goedmoedig gepruttel onze aandacht. Hé, kijk, daar komt een jeep het strand langs! Ha, dus toch een mop! De lach besterft echter alweer op m'n lippen als daar tot m'n stomme verbazing inderdaad een straalhelikopter komt aangieren. Hij om-

cirkelt ons bivak, hangt even stil boven het strand en werpt twee pakketten af. Uitgelaten zwaaien we naar de bemanning. We zijn gered uit de klauwen van een dreigende hongerdood!
Zoals 38 jaar geleden, zo is ook nu zelfs tot tweemaal toe, onze defensie de redder uit de nood. (Vergeving, o mijn pacifistische lezertjes, maar hoe pikant relevant komt ons in deze stonde de NAVO-gedachte voor! Geroerd vegen mijn kampgenoten de tranen uit hun stoppelbaarden.)

We voelen ons zelfs alweer zó veilig dat we nog niets openrukken, maar met de handen in de zakken het sputterende jeepje afwachten. Daar stopt het al voor onze neus. Zenuwachtig glimlachend springt een jonge kerel, blijkens een emaille plaat lompenhandelaar van beroep, eruit, en deelt mede dat hij in opdracht van hotel Oepkes een diner komt aanbieden! Prachtig, prachtig. De goede man is een held! Met z'n ouwe karretje op versleten bandjes is hij er tegen de schemering op uitgetrokken, richting lichtkaap Noordvaarder. En doodleuk is-ie de talrijke sporen in die onmetelijke zandwoestijn gevolgd . . . tot ze hem regelrecht het water instuurden. Ja, inderdaad, het is inmiddels vloed geworden, en dan kun je daar niet meer rijden hè. Welgemoed is hij toen maar op goed geluk de vlakte ingehobbeld, brood, kaas en eieren op z'n knie, nog warme champignonsoep en stamppot-zuurkool-met-worst op de vloer en een pracht van een chocoladepudding op de zitting naast zich. Slechts eenmaal is hij vast gelopen en heeft-ie moeten graven . . .
Hier staat-ie dan; de chocoladepudding ligt schitterend schuin in de schaal en verschillende eieren zijn nog heel gebleven: voorwaar, een fraaie prestatie! Driewerf BRAVO!
Vijfentwintig gulden is daarvoor niet teveel gevraagd; alleen zijn we inmiddels zo goed voorzien, dat hij echt niet vaker hoeft te komen . . . jammer. Maar komaan, hij moet maken dat-ie wegkomt, 't is al bijna donker. Als de heren zo goed willen zijn hem een tijdje in de gaten te houden?! Kómt-ie dan vast te zitten, dan mogen we komen graven! Nou dát zullen we! De man ontsteekt zijn achterlichten, vraagt naar de veiligste weg, en dan bobbelt het wagentje de woestijn weer in: twee rooie puntjes in de schemerige verlatenheid van de Noordvaarder . . .

We voelen ons zelfs alweer zó veilig dat we nog niets openrukken, maar met de handen in de zakken het sputterende jeepje afwachten. Daar stopt het al voor onze neus. Zenuwachtig glimlachend springt een jonge kerel, blijkens een emaille plaat lompenhandelaar van beroep, eruit, en deelt mede dat hij in opdracht van hotel Oepkes een diner komt aanbieden! Prachtig, prachtig. De goede man is een held! Met z'n ouwe karretje op versleten bandjes is hij er tegen de schemering op uitgetrokken, richting lichtkaap Noordvaarder. En doodleuk is-ie de talrijke sporen in die onmetelijke zandwoestijn gevolgd . . . tot ze hem regelrecht het water instuurden. Ja, inderdaad, het is inmiddels vloed geworden, en dan kun je daar niet meer rijden hè. Welgemoed is hij toen maar op goed geluk de vlakte ingehobbeld, brood, kaas en eieren op z'n knie, nog warme champignonsoep en stamppot-zuurkool-met-worst op de vloer en een pracht van een chocoladepudding op de zitting naast zich. Slechts eenmaal is hij vast gelopen en heeft-ie moeten graven . . .
Hier staat-ie dan; de chocoladepudding ligt schitterend schuin in de schaal en verschillende eieren zijn nog heel gebleven: voorwaar, een fraaie prestatie! Driewerf BRAVO!
Vijfentwintig gulden is daarvoor niet teveel gevraagd; alleen zijn we inmiddels zo goed voorzien, dat hij echt niet vaker hoeft te komen . . . jammer. Maar komaan, hij moet maken dat-ie wegkomt, 't is al bijna donker. Als de heren zo goed willen zijn hem een tijdje in de gaten te houden?! Kómt-ie dan vast te zitten, dan mogen we komen graven! Nou dát zullen we! De man ontsteekt zijn achterlichten, vraagt naar de veiligste weg, en dan bobbelt het wagentje de woestijn weer in: twee rooie puntjes in de schemerige verlatenheid van de Noordvaarder . . .

MIJN EERSTE „SJICHT”

Een beetje onwennig, met een licht gevoel van onbehagen, stond ik tussen de andere kompels aan de schacht. Mijn koffieblik en boterhammen puilden uit mijn jaszak, terwijl mijn handen diep weggedoken zaten in mijn broek. In houding verschilde ik in niets van de anderen en toch miste ik nog dat, wat me in hun gemeenschap zou opnemen. Geduldig wachtten we op onze „trek”, die ons meer dan vijf honderd meter diep, op de juiste verdieping, zou brengen.

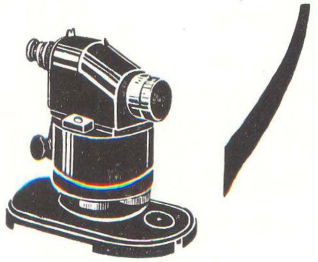
Gedurende de afdaling verloren we het contact met het licht en werden we gedwongen een verbond te sluiten met de duisternis. Misschien sloegen we daarom allen een kruis gedurende de afdaling.

Beneden aangekomen verspreidde men zich in alle mogelijke richtingen, waarbij men elkaar een laatste „Glück auf” toeriep. Ook wij vervolgden zwijgend onze weg, alleen gelaten met onze eigen gedachten. Het lopen viel niet mee, de gangen waren slecht verlicht en alles gaf een enigszins bedrukkend gevoel. Plotseling sloegen we een zijgang in, we hadden de steengang verlaten en waren in de bandgalerij gekomen. De rust was ineens verdwenen, het geluid van ratelende afbouwhamers en knarsende kettingen kwam steeds nader. We naderden het kolenfront en ons gemijmer werd vrij abrupt afgebroken.

Eén voor één kropen we de pijler in en wrongen ons tussen de stijlen door. Het viel niet mee, herhaaldelijk verloor ik mijn koffieblik en mijn boterhammen verkruimelden totaal. Langzaam maar zeker verloor ik dan ook terrein op de anderen, hetgeen schampere opmerkingen ontlokte aan de houwers die in de pijler lagen. Ik was een nieuweling en behoorde nog niet tot hun gemeenschap. Met enige vertraging vond ik aan de voet van de pijler weer aansluiting bij de rest van de ploeg. Hier was het echter een lawaai van jewelste, vallende kool, dof dreunende en stampende machines, dat alles overstemd door schreeuwende mensen. In deze wirwar moesten we trachten, door middel van een polygonering, de richting van de afvoergalerij aan het bestaande puntenstelsel aan te sluiten.

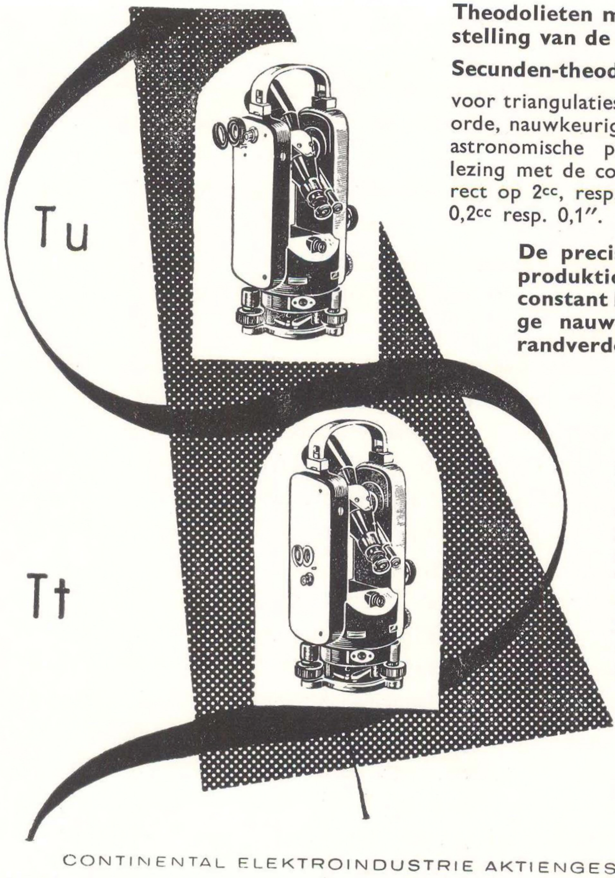
Sneller, eenvoudiger, nauwkeuriger meten!

Na



Automatisch waterpasinstrument type Na, met automatische horizonteerinrichting voor de vizierlijn

met astronomische of terrestrische kijker. De bijzondere constructie van de compensator maakt het mogelijk de vizierlijn horizontaal te houden met een nauwkeurigheid van ongeveer 0,5″, d.w.z. ongeveer 0,5 mm op 200 m.



Tu

Tt

Theodolieten met automatische instelling van de verticale rand

Secunden-theodoliet type Tu

voor triangulaties van tweede en lagere orde, nauwkeurige veelhoeksmeting en astronomische plaatsbepaling. Randaflezing met de coïncidentiemethode direct op 2^{cc}, resp. 1″, schatting tot op $0{,}2^{cc}$ resp. 0,1″.

De precisie van onze serieproduktie garandeert een constant blijvende uiterst hoge nauwkeurigheid van de randverdeling.

Tachymeter-theodoliet type Tt

voor Kadastermetingen en metingen voor technische doeleinden. Micrometeraflezing in iedere randstand direct tot op 1^{c} resp. 20″. Klemschroef op horizontale rand ten behoeve van repetitiemeting.

ASKANIA

CONTINENTAL ELEKTROINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT

ASKANIA-WERKE · BERLIN-MARIENDORF

Alleenvertegenwoordiger: **TECHNISCH HANDELSBUREAU R. MEININGER**

Laan van Meerdervoort 91 – DEN HAAG – Tel. 070 33.49.29–63.78.95

Na veel zoeken hadden we onze uitgangspunten gevonden en konden we met het eigenlijke meetwerk beginnen. Nu begonnen de moeilijkheden pas goed, alles en iedereen zat in de weg. Heftige woordenwisselingen en krachttermen waren dan ook niet van de lucht. Normaal genomen was onze opdracht onder deze omstandigheden volkomen onuitvoerbaar, maar ondergronds moet en gaat alles. Ook wij klaarden het, na enkele uren ingespannen arbeid.

Op de terugweg naar de schacht dacht ik nog lang na, over al hetgeen ik aan nieuwe indrukken had opgedaan. Ik vroeg me af, waarin nu het verschil tussen een landmeter en een mijnmeter tot uiting kwam. Ik geloof, dat het daarin is gelegen, dat de laatste een nog grotere binding met de natuur gevoelt en dat hij daarom juist het relatieve van alles nog beter tracht te doorgronden en zodoende steeds naar de voor de praktijk meest efficiënte oplossing zoekt.

De laatste Gm-er

Open letter to the Chief-Director of the U.S.A.
Department for Space-Travelling.

Dear sir

Please let paint your moonrockets in red and white stripes. Then surveyors know where they have to direct on, when measuring the moon.

Thanks,

Yours

S. N. Ellius.

ONTWERPEN - BEREKENEN - DIRECTIEVOERING
ruilverkaveling • herverkaveling • herontginning • infiltratie • inpoldering • landaanwinning • waterbeheersing • dijkverzwaringen • bodemonderzoek • vloeivelden • wegenaanleg • rioleringen • baggerwerken • bouwterreinen • sport- en speelvelden • parken en plantsoenen • zwembaden • openluchttheaters • bebossingen • begraafplaatsen • landgoederenbeheer
Voor inlichtingen wende U zich tot:
N.V. GRONTMIJ - "HOUDRINGE" - DE BILT - TEL. (030) 60644

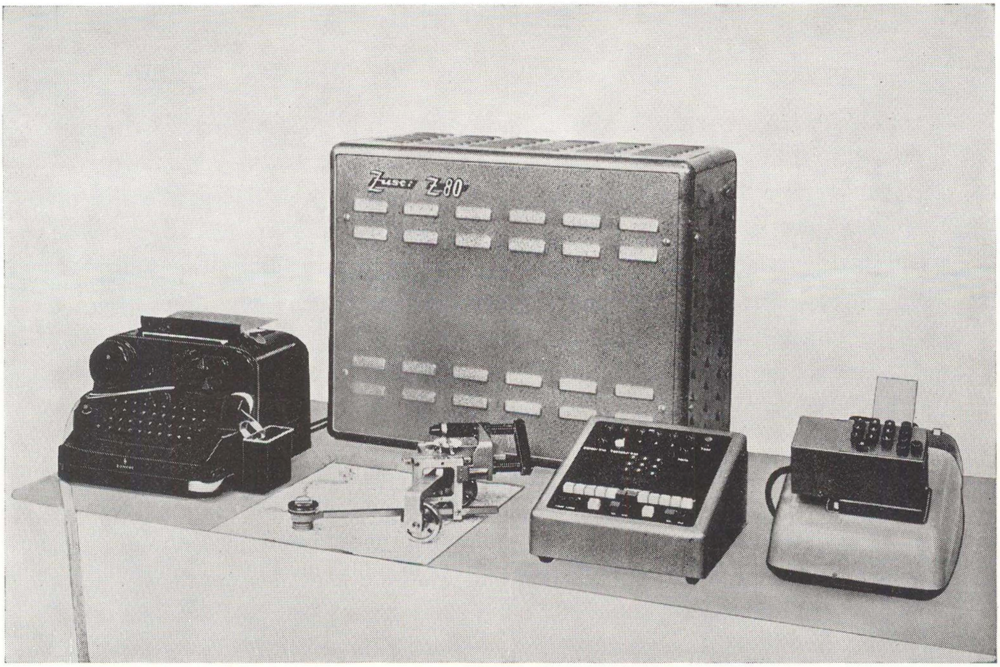
ILLUSIE

Stil zit hij voor het raam en kijkt. Zijn blik glijdt over het witte winterse landschap dat zich tegen de horizon in wazige verte verliest. Hierover wil hij schrijven; over deze wondere wereld die zo hard en tegelijkertijd zo teer kan zijn. Over deze wereld en dit land. Over dit land dat steeds weer anders is en andere dingen biedt. Zijn winter vol stille geluiden en witte velden; zijn voorjaar dat het wit laat overgaan in groen met vele bloembladstippen, dat de wintertint vervangen zal door levend groen: actief gebeuren. Zijn zomer en zijn herfst . . . en over al de dingen die zijn jong gemoed beroeren. Hij wil het, want het is te veel voor hem alleen . . .

Stil zit hij voor het raam en peinst: „Winter is het nu, alles is gedrenkt in witte reinheid en straks zal er wat anders zijn. Ik moet hierover schrijven, dit is zo groot, dit alles heeft mij in zijn ban. Maar zie: voor mij ligt papier, en in mijn hand voel ik een pen, en toch is dit papier als sneeuw: blank en wit en ongerept. Geen woord staat er nog op; de woorden laten zich niet dwingen. Ik zou ze willen roepen, neerzetten en rangschikken. Zinnen wil ik maken. Ik voel zo veel, maar niet in woorden. Gister niet, vandaag niet, wellicht ook morgen niet . . ." En de naderende duisternis probeert verdriet te bedekken.

Stil zit hij in de schemering te dromen . . . Hij is schrijver: „Alles schrijf ik: boeken, romans, gedichten, speciaal sonnetten, af en toe een ode; niets is mij te veel. Ik ben bekend, ja zelfs beroemd. De mensen hebben iets aan wat ik schrijf, de mensen willen dat ik bij hen kom en hen vertel over mijn werken. Ik doe ontdekkingen en ik schrijf, ik schrijf. Ik zou liefdesaffaires hebben, in Rome, in Parijs; men vraagt mij: Wie is dat? Ah, c'est mon amour. En men vereert en bemint mij, mijn boeken vliegen weg. Ik kan iets doen, ik heb succes, maar toch, ik blijf mijzelf . . . Ik ben gelukkig".

Zo droomt hij daar voor het raam, maar zijn papier blijft blank, toch is de pen nog in zijn hand. Vlijmscherp draait de kilte door hem heen. Het besef van onmacht wurgt zijn denken. In de bijna donkere kamer klinkt uit het vallen van de stoel de opstand. De schrijver staat. Een vloek kaatst rollend van de muur terug . . . De duisternis is nu volledig; de nacht vangt aan. Stil.



ZUSE Z 80: *een elektronische planimeter met ponsband- en telmachine-uitgang*

De ZUSE Z 80 is een registreerapparaat voor het verwerken van gegevens, die in de vorm van impulsen worden toegevoerd.
Voor landmeetkundige doeleinden wordt de ZUSE Z 80 voorzien van een planimeter met foto-elektrische aftasting.
De uitkomsten kunnen naar wens worden afgelezen op ponsband, telmachine enz. . . .
Telcapaciteit: 6 decimalen voor- en achterwaarts tellend.
Uitgebreider gegevens over de ZUSE Z 80 worden U op aanvraag gaarne toegezonden door:

Ingenieursbureau
KONING EN HARTMAN N.V.
J. P. Coenstraat 9
Den Haag
Tel. 070-72.58.39

Bureau des Ingénieurs
KONING ET HARTMAN S. A.
53 Rue Gachard,
Ixelles - Bruxelles, Belgique
Tél. 48.26.55

Alleenvertegenwoordigers van: ZUSE K.G. - BAD HERSFELD

STADSNACHT

Donker is deze nacht
Die onaantastbaar zich voltrekt
Het neonlicht dat lacht
Is uit de duisternis verwekt

Het volle licht der maan
Door wolken gedeelt'lijk bedekt
Is hier te ver vandaan
Om nog te worden opgemerkt

Flitsen schieten voorbij
In deze gapende avond
Als 'n eindeloze rij
Tot de grauwe ochtendstond

Stil is 't in de straten
Van de stad en ook daarbuiten
Voeten grijnzend praten
Eenzaam stappen en geluiden

Beginvarium:
Daar komen we aan een netelige kwestie.

Hana, Van dier en plant, water en land

VaRiA

25 februari 1960
De heer Kooimans sluit Pythagoras tot op één centimeter.

H. Rietveld tijdens redactievergadering:
„Als ze die punt nu maar niet cursief zetten."

J. C. Blankenburgh over praktisch werken:
„Nou en die boer had een sloot en die was gaan meanderen . . ."

Prof. Baarda op college:
„Het heerlijke van theorieën is, dat je ze overboord kunt gooien."

Snelliuslid aan lustrumboekredactie:
„Hebben jullie al aardig wat muurbloempjes?"

E. R. Bosman over de Nederlandse Spoorwegen:
„Maar er heeft nog nooit een trein zo hard gereden dat het rode seinlicht door het Doppler-effect groen werd."

Lector Haasbroek tijdens excursie naar de Deltawerken:
„Bij een geodeet wordt men verondersteld geen kennis aan te treffen."

Michel Creusen:
„Ik moet wat langzamer gaan studeren, anders wordt ik nooit o.h."

Nieuw probleem op het aankondigingenbord:
Achterwaartse uitsnijding I en II.

Van Gelderen tegen Creusen:
„Als goed katholiek richt jij zeker alleen maar op R.K. kerken."

Prof. Bruins tijdens college:
„Gravimeters worden pas na een half uur „wakker". Deze types zijn zo gevoelig dat ze enkele menselijke eigenschappen vertonen."

Ir. De Munck op college Deccasysteem:
„Het is gemakkelijk van een dochter een moeder te maken."

J. J. E. Pöttgens tijdens lezing over rimboewerk:
„Kan ik ook als seismograaf werken?"

Ergens gelezen:
De nauwkeurigste methode om de hoogte van een gebouw met een barometer te meten is: de barometer aan een touwtje naar beneden laten zakken en dan de lengte van het touwtje meten.

Nummering van de gehele inventaris:
Ziet u, dit is een ideaal van mij.

Wodehouse, Lachgas

Op college van Ir. K . . . m . ns:
Ik zal verderop mijn visie trachten te verduidelijken.

Van Praag, Psychologie

Op H.T.W.:
Verbazingwekkend handig in elkaar gezet verhaal van ingewikkelde complicaties en daverende kolder.

Boekbespreking

Opschrift op een fout veldwerk:
Dat kan ik niet gedaan hebben want ik liep met de baak.

afrondings-fout

normale verdeling

Snelliusbestuur tijdens vergadering:

De heren trokken een gezicht of ze de Hoge Raad waren.

Roothaert, Dr. Vlimmen

Op L. S . h . . . . r:

Ik kan je mening niet delen maar dat is geen beletsel om je een aardige vent te vinden.

Bomans, Buitelingen

Op hoogleraren:

Er zijn er nog veel meer, hoger ontwikkelde en zo mogelijk nog schoner van uiterlijk dan degene die we tot nu toe zagen.

Hana, Van dier en plant, water en land

Op vroeg college:

Hij probeert te tellen hoeveel maal hij gewekt wordt.

Kafka, De Chinese muur

Op eerstejaars:

De puber ontdekt zijn ik en gaat op zoek naar jij.

Van Praag, Psychologie

Op snor van W . lt . r:

Stijve, dikke hoornachtige borstels, die diep in het vlees zijn geplant.

Hana, Van dier en plant, water en land

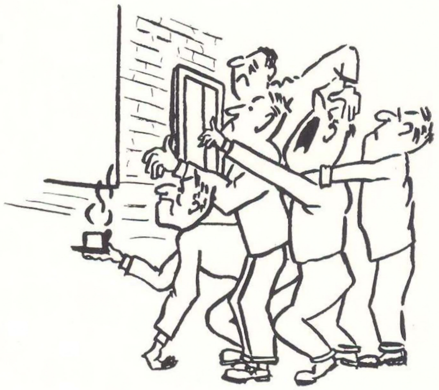
Zomaar:

In het algemeen kon men drie genres van ontdekkingsreizigers onderscheiden:

1. Zij die stippellijnen op de kaarten achterlieten.
2. Zij die stevige lijnen achterlieten.
3. Zij die vrouw en kinderen achterlieten.

R. Armour

onder het rustig genot van . . . .



ontoegankelijk punt . . . .

The average:
The figure of 2.2 children per adult female was felt to be in some respects absurd, and a Royal Commission suggested that the middle classes be paid money to increase the average to a rounder and more convenient number.

Punch

College waarnemingsrekening:
Merkwaardig, hoogst merkwaardig.

Havank

Tussenvarium:
En het wordt nog veel vreemder.

Hana, Van dier en plant, water en land

Op vorige lustrumdame:
Zij is nu moeder van vier kinderen.

Weber, Spaar de vrouwen

Op studiekeuze:
Toch ben ik er werkelijk ingelopen.

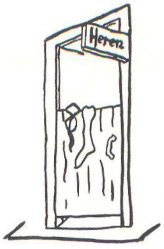
Bomans, Buitelingen

Op Sl . gm . .:
U kunt later of eerder aankomen dan u verwacht maar komen doet u er.

Mercator

Op Fl . nt . . m . n:
Je lijkt wel een estafetteloper.

Lutz, Open doekjes

opstellings-  fout

Op kadaster:
Iedereen kan het met enige oefening.

Bomans, Buitelingen

Op Snelliuskamer:
Nader dit heiligdom,
Wees bij ons wellekom.

Winkler Prins

Op geodesiegebouw:
Het ging zo ver, dat ik zo nu en dan het kinderlijke verlangen in mij voelde opkomen, helemaal niet meer naar dat hol terug te gaan.

Kafka, De Chinese muur

Op Calvé Delft:
Deze geur nu, speelt een heel belangrijke rol bij het vinden van de weg in het terrein.

Hana, Van dier en plant, water en land

Op H.T.W.:
Ook met dwalingen kan men zijn tijd ver vooruit zijn.

H. Krailsheimer

Op R . n . s v . n d . r Sch . . f:
Jeitje, meheir, ben U Hollander?

Van der Vat, Britten, beesten en buitenlanders

Op kadastrale administratie:
Deze registers hebben hun eigen timbre, dat zich moeilijk laat omschrijven.

Schouten, Muziekleer

Op Jos Wolters' praktijk in de U.S.A.:
Hij is onachterhaalbaar.

Van Duinkerken, De mensen hebben hun gebreken

Op eerste collegeuur:
Ook in de vroege ochtenduren is er een periode van rust; deze is echter gewoonlijk van te korte duur om er praktisch profijt van te kunnen trekken.

H.T.W. blz. 51

Op E. Sl . tb . . m:

Een lief kind, zacht, innig, zonder stroefheid, doch onvatbaar.

Weber, Spaar de vrouwen

Op een examen:

Eerst ontkende hij alles.

Van Praag, Psychologie

Afstudeeronderwerp:

Toen keerde hij zich zwijgend om en ging ook deze laatste opdracht uitvoeren.

Pleysier, Zes dwaze dagen

Kadaster:

Het Kadaster is, als zuiver geodetisch instituut, niets waard.

Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, 1924

Op vorig varium:

Het is zo, geloof het toch.

Kafka, Het proces

Op J . n P . ttg . ns:

Zijn zeldzame stem hing alom in de ruimte.

Bordewijk

Op lustrumganger in rok:

De ideale Sinterklaas behoort reeds dagen van te voren zich met zijn pak vertrouwd te maken.

Bomans, Buitelingen

Op G. V . nk:

Waarschijnlijk werd hij thuis net als een kind aan- en uitgekleed.

Tsjechof, Het verhaal van een onbekende

Op de waarschijnlijkheidsrekening:

Wat ik daarvan begrepen heb, doet mij vermoeden dat ook de onbegrepen rest voortreffelijk zal zijn.

Sokrates

argument

Op . . a:
Zij had het voorzien op mannen met brede schouders.

Weber, Spaar de vrouwen

Op J . n Bl . nk . nb . rgh:
I love talking about nothing . . .
It is the only thing I know anything about.

Oscar Wilde

Op J . s W . lt . rs:
He smiled the smile I knew so well.

O. de Landell

Op tent 4:
Want deze diertjes zijn nog op geen stukken na volwassen, het zijn pas larven, die nog een lange gedaanteverwisseling moeten doormaken.

Hana, Van dier en plant, water en land

Op afstuderen van T. N . . m . n:
Een grappig moment (of misschien een beetje mise-en-scène).

Prisma-fotoboek

Op de ceremoniaris:
Er zijn figuranten louter voor de bijverdienste.

Lutz, Open doekjes

Op de lustrumboekcommissie:
Beoordeel niemand, voordat ge in zijn omstandigheden geweest zijt.

Talmud

Eindvarium:
Maar nu genoeg met de kwaadsprekerij.

Hana, Van dier en plant, water en land

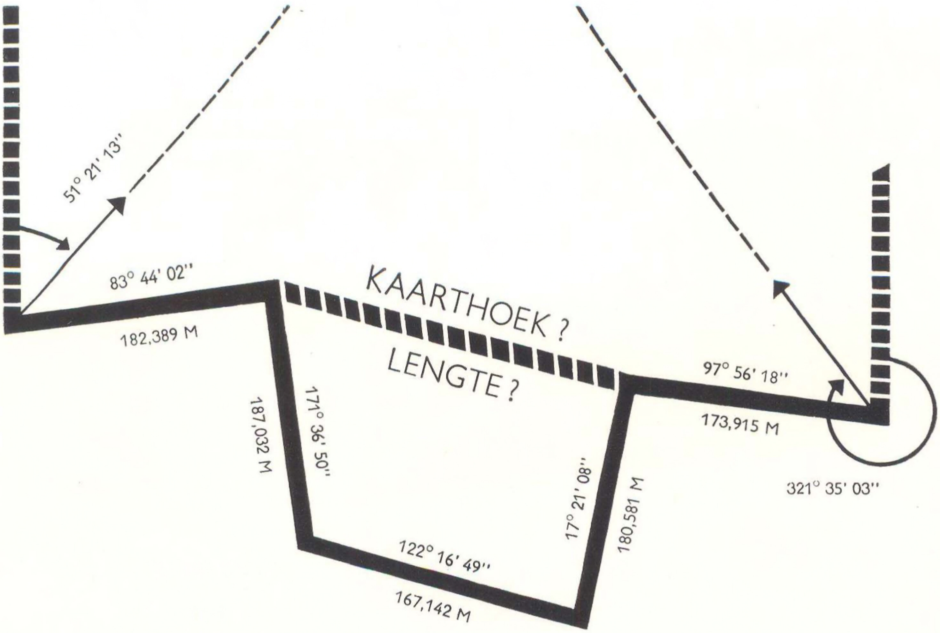
Een student in de gravimetrie
had eens een bobbel op zijn knie.
Een geraadpleegde arts
zei: het is kwarts
en een heel gewone anomalie.

Een jonge filosoof in spé
at altijd muizen bij de thee.
Vroeg men hem naar de reden,
dan zei hij: tot op heden
vind ik ze, met de katten,
veel lekkerder dan ratten.

Het opstaan is een nare taak,
die ik altoos wil ontvluchten.
Desondanks doe ik het vaak,
slechts om mijn bed te luchten.

Er is op deez' aard een geodeet
die driehoek na driehoek van 't Rijk meet.
Dit zal zo bestaan
tot hij van aarde en maan
in tien decimalen de straal weet.

Een leest voor grote schoenen
heeft onlangs voor miljoenen
zwartbont Rijnvee doen ontvluchten.
Hij verklaarde aan de journalisten,
die naar de achtergronden gisten:
ik kan geen leer meer zien of luchten.



Veelhoeksproblemen...

electronisch berekend in seconden

Het berekenen van een dergelijk veelhoeksprobleem vraagt met de hand enige uren. Hiervoor moeten weliswaar eenvoudige, maar vaak terugkerende goniometrische bewerkingen worden uitgevoerd. Ook de onvermijdelijke controle van de menselijke rekenaar vormt een probleem.

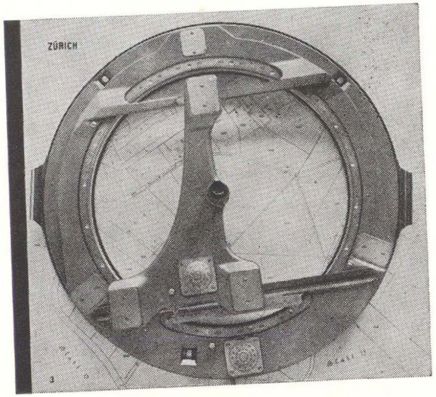
IBM ELECTRONISCH REKENCENTRUM

Op landmeetkundig gebied zijn o.m. programma's beschikbaar voor:

Met een electronische rekenmachine kan een dergelijk probleem in enkele seconden worden berekend. Het formuleren van het probleem en het programmeren vraagt natuurlijk meer tijd. Hier kunt u profiteren van de grote ervaring van IBM op dit gebied, vastgelegd in een programmabibliotheek, die kosteloos te uwer beschikking staat. Deze bibliotheek is aanwezig in het IBM Electronisch Rekencentrum, waar een moderne electronische rekenmachine op uurbasis ter beschikking van derden staat.

- *het berekenen van coördinaten uit richting en afstand*
- *herleiding van geografische - tot UTM coördinaten*
- *het berekenen van snelliuspunten*
- *vereffening van een driehoeksnet*
- *vereffening van een veelhoek*
- *het berekenen van constanten van de uitwendige oriëntering van een luchtfoto*
- *het berekenen van grondverzet*
- *het berekenen van definitief tracé van een weg*
- *het berekenen van oppervlakte van terreinen*

JOH. HUIZINGALAAN 257, AMSTERDAM-W.



Coradi

coördinatografen

zwitserse
precisie-instrumenten
van
ongeëvenaarde
kwaliteit

ALLEENVERTEGENWOORDIGING VOOR NEDERLAND

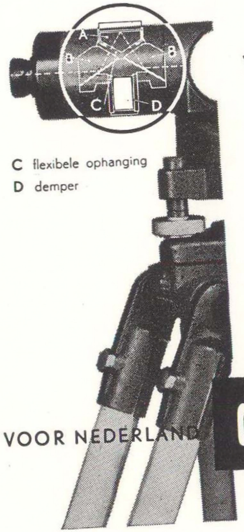
op aanvraag zenden wij u gaarne gedetailleerde gegevens

Watts

autoset

het
nieuwe
automatische
waterpasinstrument
het summum
van
optische
en mechanische
efficiency

A vast dakprisma
B hangende prisma's

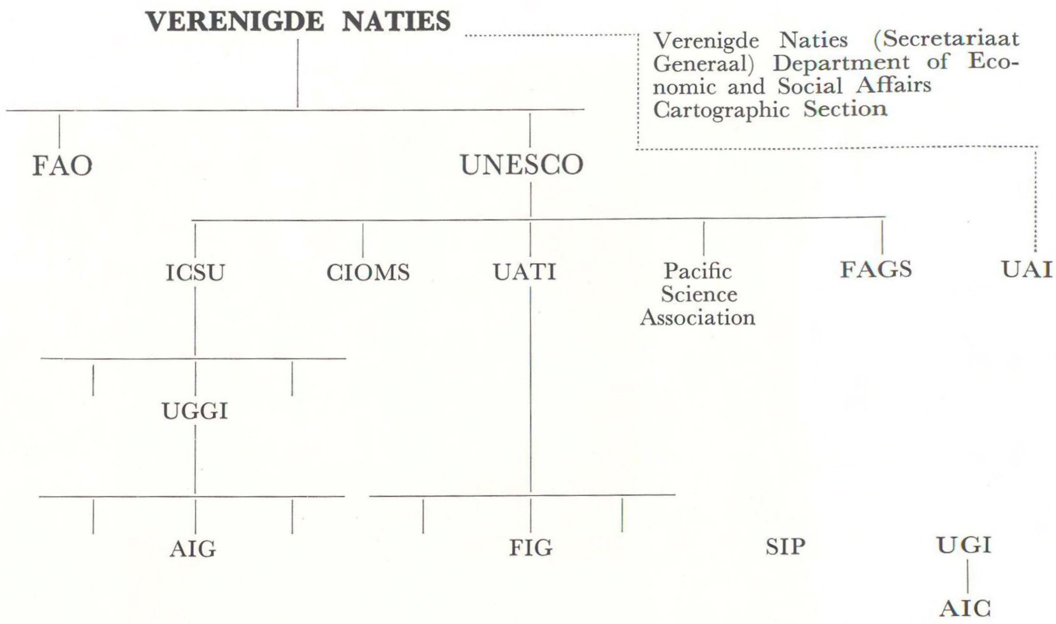


C flexibele ophanging
D demper

oudegracht 312 • UTRECHT

GADELLA

tel. 030-22743



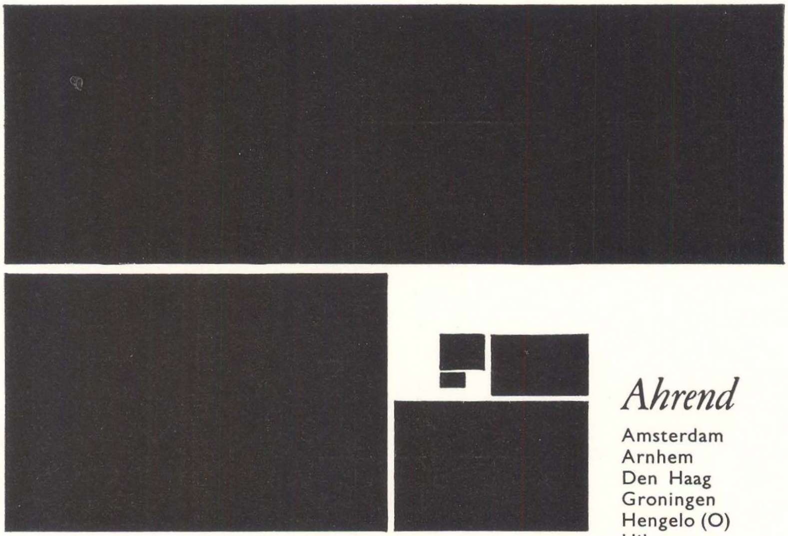
FAO	Food and Agriculture Organization
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ICSU	International Council of Scientific Unions
CIOMS	Council for International Organizations of Medical Sciences
UATI	Union des Associations Techniques Internationales
FAGS	Federation of Astronomical, Geodetic and Geophysical Permanent Services
UAI	Union des Associations Internationales
UGGI	Union Géodésique et Géophysique Internationale
AIG	Association Internationale de Géodésie
FIG	Fédération Internationale des Géomètres
SIP	Société Internationale de Photogrammétrie
UGI	Union Géographique Internationale
AIC	Association Internationale de Cartographie

Ahrend

alleenvertegenwoordiging voor:

Pagra tekenpapier
met aluminium tussenlaag

voor topografisch tekenwerk



Ahrend
Amsterdam
Arnhem
Den Haag
Groningen
Hengelo (O)
Hilversum
Eindhoven
Maastricht
Middelburg
Rotterdam

blijft
maatvast,
schaalnauwkeurig,
rek- en krimpvrij

leverbaar in verschillende dikten
en formaten
max. formaat 100 x 148 cm

INTERNATIONAAL EN NATIONAAL VERENIGINGSVERBAND

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE (U.G.G.I.)

De U.G.G.I. is aangesloten bij de Conseil International des Unions Scientifiques en is het overkoepelend orgaan van de

1. Association Internationale de Géodésie (A.I.G.)
2. Association Internationale de Seismologie et de Physique de l'Intérieur de la Terre (A.I.S.)
3. Association Internationale de Météorologie et de Physique de l'Atmosphère (A.I.M.)
4. Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie (A.I.G.A.)
5. Association Internationale d'Océanographie Physique (A.I.O.P.)
6. Association Internationale de Volcanologie (A.I.V.)
7. Association Internationale d'Hydrologie Scientifique (A.I.H.)

Het doel van de U.G.G.I. is het bevorderen van de bestudering der problemen, die de geo-wetenschappen betreffen, het bevorderen van internationale samenwerking, coördineren van researchwerk en het publiceren van de resultaten ervan.

De Association Internationale de Géodésie (A.I.G.) heeft vijf secties, waarbinnen één of meer commissies en studiegroepen werken. De secties zijn:

1. Triangulatie; President: Prof. A. Marussi, Italië
2. Nauwkeurigheidswaterpassing; President: Prof. T. J. Kukkamäki, Finland
3. Geodetische astronomie; President: W. Markowitz, V.S.
4. Gravimetrie; President: D. A. Rice, V.S.
5. Geoïde; President: Prof. W. Heiskanen, Finland

Bestuur van de A.I.G.:

President:	C. A. Whitten, V.S.
Vice-Presidenten:	G. Bomford, Engeland
	Prof. Y. Boulanger, Rusland
Algemeen Secretaris:	J. J. Levallois, Frankrijk
Toegevoegde secretarissen:	F. L. Culley, V.S.
	S. Krynski, Polen

Ontwikkeling van fotogrammetrische instrumenten gedurende 60 jaar

1960 Stereocomparator
SMK stereometrische wijdzichtcamera 1959 Tweede-orde stereo-uitwerkingsinstrument
1958 Electromagnetisch registreerapparaat „Ecomat"
Stereopret 1957
1956 Objectief met hoge nauwkeurigheid „Pleogon"
Camera voor convergente opnamen
Statoscoop S 2
Radiaalsecator RS II 1955 Verkleiningstoestel
1953 Objectief met hoge nauwkeurigheid „Topar"
Stereotop
Volautomatisch ontschrankingstoestel SEG V 1952
Stereoplanigraaf C 8 met druktelwerk
1951 Stereoplanigraaf C 7
Stereoplanigraaf C 6 1945 Radiaalsecator RS I
Kleine autograaf C 3
1941 Ponsapparaat voor gleufmallen
Superwijdzichtobjectief „Pleon" 150g 1939
1938 Kleine autograaf C 2
Stereoplanigraaf C 5 1937 Ontschrankingstoestel SEG IV
Ontschrankingstoestel SEG III
1935 Ontschrankingstoestel SEG II
Wijdzichtobjectief „Topogon" 1934
Ontschrankingstoestel SEG I
1933 Kleine autograaf C I
Aeroprojector Multiplex
Stereoplanigraaf C 4 1932
1931
1930 Viervoudige luchtcamera
Luchtcamera met horizoncamera
Radiaaltriangulator
ZEISS AEROTOPO
Aerosimplex 1929
1928 Stereoplanigraaf C 3
Automatisch ontschrankingstoestel 1926
1926 Stereoplanigraaf C 2
Aerocartograaf
1923 Stereoplanigraaf C 1
Dubbelcamera voor luchtopnamen
Autocartograaf 1920
Automatische camera 1915
1910 Balloncamera
1909 Stereoautograaf
1907 Stereometrische camera
Theodolietcamera's 1904
1901 Stereocomparator

ZEISS-AEROTOPOGRAPH · MÜNCHEN

Alleenvertegenwoordiger:

Technisch Bureau J. Duiker N.V., Rijnstraat 30–32, Den Haag

Tel. 853505

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE PHOTOGRAMMÉTRIE (S.I.P.)

Het doel is het bevorderen van wetenschappelijke beoefening van de fotogrammetrie en van het internationaal contact van allen die bij de fotogrammetrie betrokken zijn.

De S.I.P. bestaat uit zeven commissies (de namen van de voorzitters zijn nog niet bekend):

I	Fotografie en navigatie; Engeland
II	Uitwerking, theorie, instrumenten; V. S.
III	Aero-triangulatie; Frankrijk
IV	Kaartering; West-Duitsland
V	Speciale toepassingen en metingen; Oostenrijk
VI	Opleiding, terminologie, bibliografie; Finland
VII	Foto-interpretatie; Nederland

Bestuur:

Voorzitter:	R. Ll. Brown, Engeland
Secretaris:	....
Penningmeester:	....
Leden:	Dr. P. O. Fagerholm, Zweden
	R. Janicot, Frankrijk.
	O. S. Reading, V.S.
	Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn, Nederland

Officieel orgaan:	„Photogrammetria".
Redactie:	Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn, Nederland
	Dr. H. Härry, Zwitserland
	Prof. E. H. Thompson, Engeland
	O. S. Reading, V.S.
	Prof. R. Roelofs, Nederland

PHOTOGRAMMETRIC CAMERAS
GALILEO - SANTONI

Very reduced external sizes:
easy fitting on airplanes

- Double Camera Mod. II
- Single Camera Mod. IV
- Special double Cameras for technical purposes
- Triple Camera Mod. IV
- Single Camera Mod. VI

APPARATUSES FOR SOLAR TRIANGULATION
GALILEO - SANTONI

The most efficient method for Aerial Triangulation

- Solar Periscope Mod. II
- Photogoniometer
- Mechanical Calculator Mod. II

STEREOSCOPES

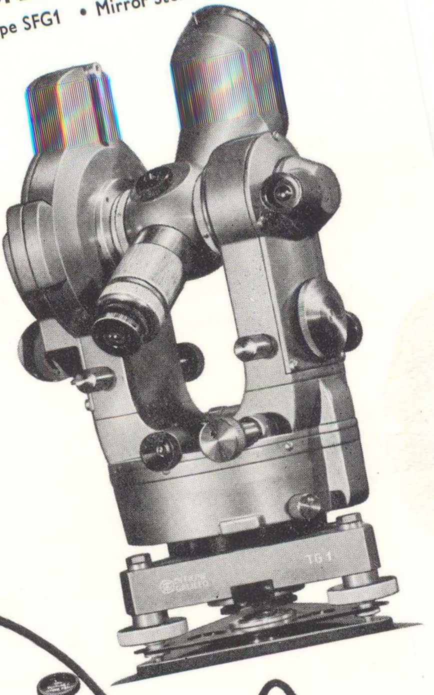
- Field Stereoscope SFG1
- Mirror Stereoscope SFG2

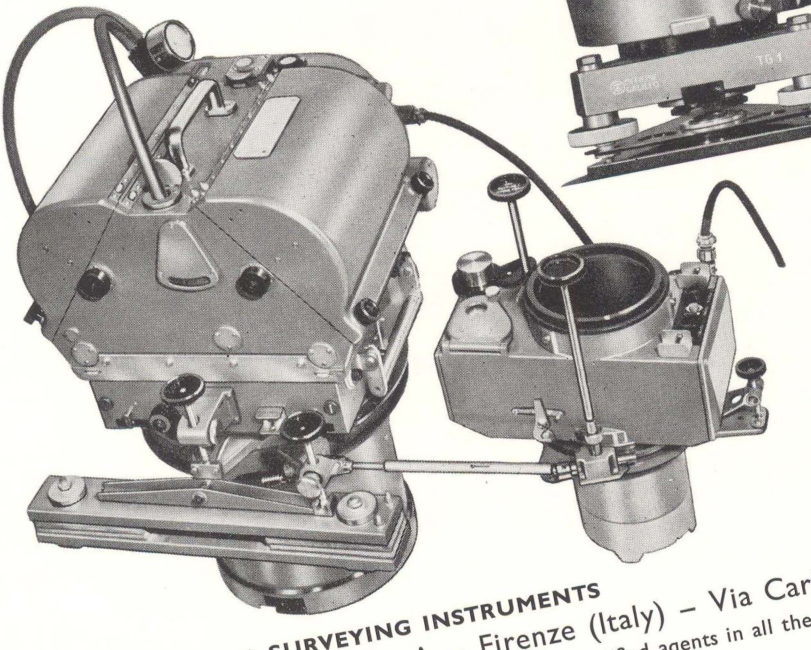
PLOTTING APPARATUSES

GALILEO - SANTONI

Mechanical reconstruction of stereomode!
Instinctive pantographic control
Exact correction of distortion in large limits
with simple and cheap mechanical pieces

- **Stereocartograph Mod. IV**
  Accessory devices: Electric coordinates printer,
  Cross Sections attachment
- **Stereosimplex Mod. II**
- **Stereosimplex Mod. III**
- **Stereosimplex Mod. III/b convergent**
- **Stereomicrometer "Microcart"**





GEODETIC AND SURVEYING INSTRUMENTS

OFFICINE GALILEO S.p.A – Firenze (Italy) – Via Carlo Bini, 44

Qualified agents in all the main countries

Cable: Galileo

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DES GÉOMÈTRES (F.I.G.)

De F.I.G. wil de nationale landmetersverenigingen van alle landen in zich verenigen, met het doel tot een gedachtenwisseling te komen over beroep, sociale status en vakopleiding van de landmeters in de verschillende landen. Voorts wil zij allerlei onderzoekingswerk aanmoedigen, eventueel financieel steunen en de resultaten verspreiden van de ontwikkelingen in het wetenschappelijke, juridische, economische en sociale vlak, het werk van de landmeter betreffende.

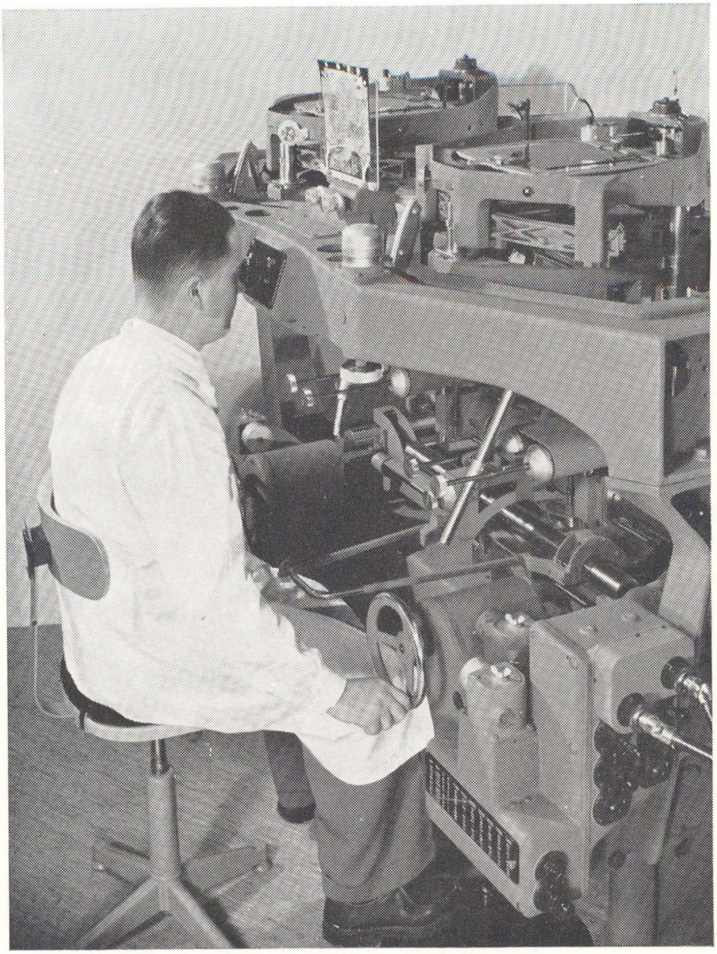
Tenslotte bevordert zij de internationale uitwisseling van landmeetkundig personeel. Iedere vier jaar wordt een congres georganiseerd.

De F.I.G. bestaat onder meer uit 7 technische commissies, te weten:

I	Dictionnaire technique; voorz.: Prof. Dr. L. Hegg, Zwitserland
II	Cadastre et Remembrement rural; voorz.: R. Perrin, Frankrijk
III	Instruments et Méthodes – Photogrammétrie – Cartographie; voorz.: Prof. Dr.-Ing. F. Hunger, Duitsland
IV	Urbanisme – Reconstruction – Remembrement urbain; voorz.: B. J. Collins, Engeland
V	Jeunes Géomètres; voorz.: M. Calabro, Italië
VI	Activités professionnelles et Rétributions; voorz.: L. Lambert, België
VII	Enseignement professionnel; voorz.: M. Gazeau, Frankrijk

Comité Permanent:

President:	Dipl.-Ing. Dr. F. Schiffmann, Oostenrijk
Vice-Presidenten:	Dr. D. Chiaramello, Italië
	Dipl.-Ing. G. Höllhuber, Oostenrijk
	Prof. R. Roelofs, Nederland
Secretaris Generaal	Prof. Dr. Dipl.-Ing. A. Barvir, Oostenrijk
Secretaris Administrateur:	Dipl.-Ing. O. Stoier, Oostenrijk
Thesaurier:	Dipl.-Ing. W. Kamenik, Oostenrijk
Leden:	Vertegenwoordigers van de nationale organisaties



Ahrend alleenvertegenwoordiging
van
Wild precisie-instrumenten
voor fotogrammetrie

Amsterdam Arnhem Den Haag Eindhoven Groningen
Hengelo (o) Hilversum Maastricht Middelburg Rotterdam

NEDERLANDSE LANDMEETKUNDIGE FEDERATIE (N.L.F.)

Het doel van de Federatie is:

1. de bevordering van de wetenschap der landmeetkunde in de uitgebreidste zin;
2. de behartiging van de daarmee samenhangende maatschappelijke belangen;
3. de behartiging der algemene belangen van de beoefenaren der landmeetkunde.

De Federatie is opgericht door de volgende verenigingen:

Vereniging voor Kadaster en Landmeetkunde;
Vereniging van Hoofdambtenaren van het Kadaster;
Vereniging van Civiel-Landmeters en Geodetisch-Ingenieurs;
Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie.

De N.L.F. is aangesloten bij de Fédération Internationale des Géomètres (F.I.G.)

Dagelijks Bestuur:	Prof. Ir. G. F. Witt, voorzitter.
	Ir. I. P. Toussaint, secretaris, Marnixstraat 44, Leeuwarden, tel. 21851.
	W. L. Lievaart, penningmeester.
Hoofdbestuur:	de leden van het dagelijks bestuur en vertegenwoordigers van de vier verenigingen en van de redactie van het officieel orgaan.
Erelid:	Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn.
Corresponderend lid:	Prof. A. Kruidhof te Wageningen.
Postrekening:	259586 t.n.v. de penningmeester van de N.L.F. te Rotterdam.

VERENIGING VOOR KADASTER EN LANDMEETKUNDE

Bestuur:	Ir. M. J. te Nuijl, voorzitter.
	Ir. G. C. Dogterom, secretaris, Roeterdsweg 16, Diepenveen, tel. 477
	J. R. P. Bakker, penningmeester.
	W. van Berk, lid.
Postrekening:	269709 ten name van de penningmeester van de Vereniging voor Kadaster en Landmeetkunde te Alkmaar.

VERENIGING VAN HOOFDAMBTENAREN VAN HET KADASTER

Bestuur:	C. D. Wolters, voorzitter.
	Ir. F. Schuurman, vice-voorzitter.
	W. Joosten, secretaris-penningmeester, Hanedoesstraat 101, 's-Gravenhage, tel. 774772.
Postrekening:	199393 ten name van de secretaris-penningmeester.

THE DECCA NAVIGATOR COMPANY LTD
introduce

HI-FIX

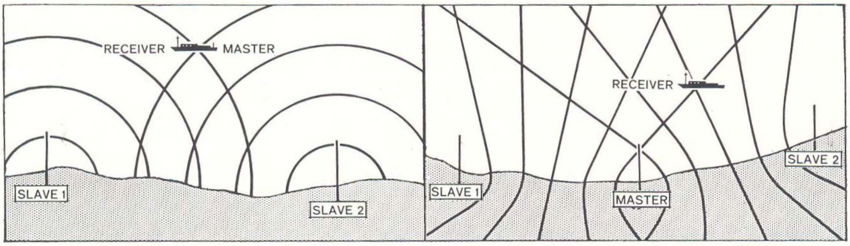
a new offshore survey system
operating on high frequencies
using lightweight equipment

HI-FIX offers for the first time a system that is:

precise, compact, lightweight, highly mobile and suitable for all forms of hydrography, offshore exploration, engineering survey, dredging, etc.

free from the bugbears of 'beat notes', modulated transmissions, multiple frequencies, reference stations, wide bandwidths and interference.

based on the sound principles and employing the same techniques as the Decca Navigator System which is now used in its basic forms by more than 6,000 vessels, to say nothing of the many survey chains throughout the world.



HI-FIX equipment can be deployed in either the TWO RANGE or HYPERBOLIC forms by deploying the master station ashore or on the survey vessel, no equipment changes being required

TWO-RANGE HI-FIX

The two-range version gives the maximum accuracy obtainable from the system with only two shore stations and no lattice charts.

HYPERBOLIC HI-FIX

The hyperbolic layout provides a high accuracy service for an unlimited number of users simultaneously.

HI-FIX is the answer for those small inshore areas where Hyperbolic or Two Range Decca is not justified on economic grounds. Normal Decca and Hi-Fix stations can be co-sited to give the precision pattern inshore (lane identified by the normal patterns) combined with the long working range of the normal Decca System.

INA

INTERNATIONALE NAVIGATIE APPARATEN N.V.

WIJNHAVEN 42 - ROTTERDAM

TELEFOON 010-115990 (6 LIJNEN)

VERENIGING VAN CIVIEL-LANDMETERS
EN GEODETISCH-INGENIEURS

Bestuur: Ir. A. Scheffer, voorzitter.
Ir. P. J. Bakker, secretaris, Thorn Prikkerstraat 65^{III}, Amsterdam-W., tel. 134242.
Ir. W. Bakker, penningmeester.
Ir. J. E. Alberda, lid.
Postrekening: 254181 ten name van de penningmeester te Rijswijk (Z.H.).

NEDERLANDSE VERENIGING VOOR FOTOGRAMMETRIE
Bestuur: Prof. R. Roelofs, voorzitter.
Ir. A. J. van der Weele, vice-voorzitter.
Ir. L. van Zuylen, secretaris, Fransen van de Puttestraat 16, Delft, tel. 22462.
Ir. A. Govers, penningmeester.
Th. K. Baron van Asbeck, J. H. Bramlage, T. J. de Bruijn, C. A. J. von Frijtag Drabbe, Dipl.-Ing. S. Herschdörfer, Prof. A. Kruidhof, Mr. Ir. S. M. Meelker, Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn, leden.
Erelid: Ir. B. Scherpbier.
Postrekening: 368873 ten name van de penningmeester te Utrecht.

Officieel orgaan van de Nederlandse Landmeetkundige Federatie:
„TIJDSCHRIFT VOOR KADASTER EN LANDMEETKUNDE"
Redacteuren: Prof. Ir. G. J. Bruins,
Mr. Ir. C. G. van Huls.
Redacteur-administrateur: Ir. H. L. van Gent.
Redactiesecretaris: D. de Vries, Nieuwe Haven 6, 's-Gravenhage.

EXAMENCOMMISSIE van de N.L.F.
Door de Nederlandse Landmeetkundige Federatie wordt éénmaal per jaar examen afgenomen ter verkrijging van het diploma van landmeetkundig technicus, landmeetkundig rekenaar en landmeetkundig tekenaar.
De N.L.F. leidt niet op voor dit examen.
Samenstelling van de examencommissie:
Ir. R. J. Rienks, voorzitter.
Ir. S. Rienstra, secretaris-penningmeester, p/a Kanaalweg 3b, Delft.
Ir. W. Bakker, Ir. P. Ilmer, Ir. J. G. Tiemeijer, Ir. H. J. van Steenis, Ir. A. Scheffer, Ir. H. de Ridder, L. R. M. van den Brink ing., leden.
Postrekening: 390020 ten name van Ir. S. Rienstra te Voorburg.

UITGAVEN VAN DE

RIJKSCOMMISSIE VOOR GEODESIE

Observations de pendule dans les Pays-Bas
1913 – 1921
Par F. A. Vening Meinesz (1923)
Gec. *f* 7,50

Tables for regional and local isostatic reduction (airy system) for gravity values
By F. A. Vening Meinesz (1941)
Ing. *f* 5,00 – Gec. *f* 5,00 – Geb. *f* 6,00

Theory and practice of pendulum observations at sea
Part 2
Second order corrections, terms of Browne and miscellaneous subjects
By F. A. Vening Meinesz (1941)
Gec. *f* 6,00 – Geb. *f* 7,50

Gravity expeditions at sea
1934 – 1939; Vol. 3
The expeditions, the computations and the results
By F. A. Vening Meinesz (1941)
Ing. *f* 9,50 – Geb. *f* 9,50 – Geb. *f* 10,50

Plumb-line deflections and geoid in Eastern Indonesia
As derived from gravity
By J. E. Baron de Vos van Steenwijk (± 1946)
Ing. *f* 2,50

Gravity expeditions at sea
1923 – 1938; Vol. 4
Complete results with isostatic reduction, interpretation of the results
By F. A. Vening Meinesz (1948)
Gec. *f* 20,00

Investigation of the accuracy of plotting and scaling-off
By N. D. Haasbroek (1955)
Ing. *f* 5,00

Gravity expeditions
1948 – 1958; Vol. 5
Complete results with isostatic reduction
With a preface by F. A. Vening Meinesz
Edited by G. J. Bruins (1960)
Geb. *f* 12,50

Verkrijgbaar in de boekhandel en bij de

UITGEVERIJ WALTMAN - Hippolytusbuurt 4 - DELFT

RIJKSCOMMISSIE VOOR GEODESIE

Deze Rijkscommissie is ingesteld bij K.B. van 5 oktober 1937 nr. 52 en heeft de volgende doelstellingen:

1. het onder haar auspiciën laten uitvoeren van geodetische werkzaamheden;
2. het desgevraagd geven van advies aan takken van Rijksdienst;
3. het vertegenwoordigen van Nederland in bijeenkomsten en bij werkzaamheden van wetenschappelijke organisaties op geodetisch of aanverwant gebied.

Samenstelling:
Prof. R. Roelofs, voorzitter.
Prof. Ir. W. Baarda, secretaris.
Prof. Ir. G. J. Bruins
Prof. Ir. E. C. W. A. Geuze
Prof. Dr. G. J. A. Grond
Prof. A. Kruidhof
Prof. Dr. J. H. Oort
Prof. Ir. J. H. G. Schepers
Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn
Prof. Dr. J. G. J. Scholte
Prof. Dr. Ir. F. A. Vening Meinesz
en verder ambtshalve:
Th. K. Baron van Asbeck – Chef der Hydrografie
W. F. den Hengst – Directeur van de Topografische Dienst
Mr. Ir. S. M. Meelker – Hoofd van de Directie Kadaster en Hypotheken
Prof. Dr. J. Veldkamp – Hoofd van de 5e afdeling van het K.N.M.I.
Ir. C. J. Warners – Hoofddirecteur van het K.N.M.I.
Ir. A. J. van der Weele – Hoofd van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat

LANDMEETKUNDIG GEZELSCHAP „SNELLIUS"

Het Gezelschap „Snellius" stelt zich ten doel de uitbreiding der kennis en de behartiging der studiebelangen van de ingeschrevenen voor de studie van Geodetisch Ingenieur aan de Technische Hogeschool.

Bestuur:	M. Tienstra, voorzitter
	G. C. van Wijnbergen, secretaris
	W. Meinema, penningmeester
Secretariaat:	Kanaalweg 4, Delft, tel. 24950, toestel 564
Postrekening:	104832, ten name van de penningmeester te Delft

MONROE

Monroe Calculating Machine Company Holland N.V.

FABRIEK IN NEDERLAND

PILOTENSTRAAT 6 AMSTERDAM

★

REKENMACHINES

TELMACHINES - BOEKHOUDMACHINES

★

MONROE levert voor elk soort cijferwerk de JUISTE machine

★

Verkoopkantoren voor Nederland:

AMSTERDAM: Pilotenstraat 6 - telefoon 12 30 34

ROTTERDAM: Schilderstraat 34 - telefoon 12 87 76

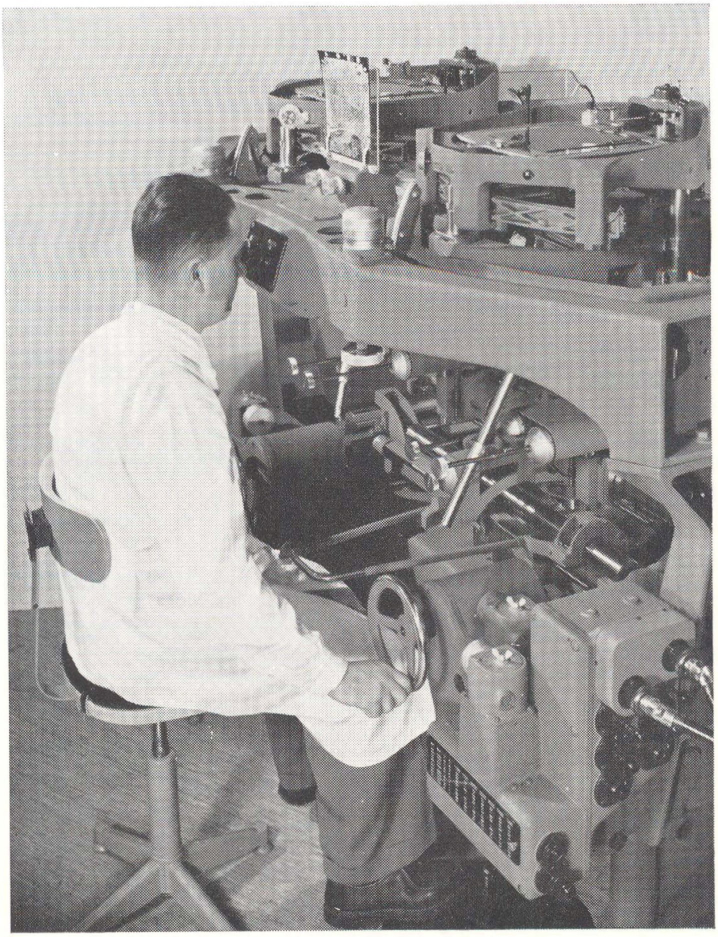
FÉDÉRATION INTERNATIONALE DES GÉOMÈTRES (F.I.G.)

De F.I.G. wil de nationale landmetersverenigingen van alle landen in zich verenigen, met het doel tot een gedachtenwisseling te komen over beroep, sociale status en vakopleiding van de landmeters in de verschillende landen. Voorts wil zij allerlei onderzoekingswerk aanmoedigen, eventueel financieel steunen en de resultaten verspreiden van de ontwikkelingen in het wetenschappelijke, juridische, economische en sociale vlak, het werk van de landmeter betreffende.
Tenslotte bevordert zij de internationale uitwisseling van landmeetkundig personeel. Iedere vier jaar wordt een congres georganiseerd.
De F.I.G. bestaat onder meer uit 7 technische commissies, te weten:

I	Dictionnaire technique; voorz.: Prof. Dr. L. Hegg, Zwitserland
II	Cadastre et Remembrement rural; voorz.: R. Perrin, Frankrijk
III	Instruments et Méthodes – Photogrammétrie – Cartographie; voorz.: Prof. Dr.-Ing. F. Hunger, Duitsland
IV	Urbanisme – Reconstruction – Remembrement urbain; voorz.: B. J. Collins, Engeland
V	Jeunes Géomètres; voorz.: M. Calabro, Italië
VI	Activités professionnelles et Rétributions; voorz.: L. Lambert, België
VII	Enseignement professionnel; voorz.: M. Gazeau, Frankrijk

Comité Permanent:

President:	Dipl.-Ing. Dr. F. Schiffmann, Oostenrijk
Vice-Presidenten:	Dr. D. Chiaramello, Italië
	Dipl.-Ing. G. Höllhuber, Oostenrijk
	Prof. R. Roelofs, Nederland
Secretaris Generaal	Prof. Dr. Dipl.-Ing. A. Barvir, Oostenrijk
Secretaris Administrateur:	Dipl.-Ing. O. Stoier, Oostenrijk
Thesaurier:	Dipl.-Ing. W. Kamenik, Oostenrijk
Leden:	Vertegenwoordigers van de nationale organisaties



Ahrend alleenvertegenwoordiging
van
Wild precisie-instrumenten
voor fotogrammetrie

Amsterdam Arnhem Den Haag Eindhoven Groningen
Hengelo (o) Hilversum Maastricht Middelburg Rotterdam

NEDERLANDSE LANDMEETKUNDIGE FEDERATIE (N.L.F.)

Het doel van de Federatie is:

1. de bevordering van de wetenschap der landmeetkunde in de uitgebreidste zin;
2. de behartiging van de daarmee samenhangende maatschappelijke belangen;
3. de behartiging der algemene belangen van de beoefenaren der landmeetkunde.

De Federatie is opgericht door de volgende verenigingen:
Vereniging voor Kadaster en Landmeetkunde;
Vereniging van Hoofdambtenaren van het Kadaster;
Vereniging van Civiel-Landmeters en Geodetisch-Ingenieurs;
Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie.

De N.L.F. is aangesloten bij de Fédération Internationale des Géomètres (F.I.G.)

Dagelijks Bestuur:	Prof. Ir. G. F. Witt, voorzitter. Ir. I. P. Toussaint, secretaris, Marnixstraat 44, Leeuwarden, tel. 21851. W. L. Lievaart, penningmeester.
Hoofdbestuur:	de leden van het dagelijks bestuur en vertegenwoordigers van de vier verenigingen en van de redactie van het officieel orgaan.
Erelid:	Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn.
Corresponderend lid:	Prof. A. Kruidhof te Wageningen.
Postrekening:	259586 t.n.v. de penningmeester van de N.L.F. te Rotterdam.

VERENIGING VOOR KADASTER EN LANDMEETKUNDE

Bestuur:	Ir. M. J. te Nuijl, voorzitter. Ir. G. C. Dogterom, secretaris, Roeterdsweg 16, Diepenveen, tel. 477 J. R. P. Bakker, penningmeester. W. van Berk, lid.
Postrekening:	269709 ten name van de penningmeester van de Vereniging voor Kadaster en Landmeetkunde te Alkmaar.

VERENIGING VAN HOOFDAMBTENAREN VAN HET KADASTER

Bestuur:	C. D. Wolters, voorzitter. Ir. F. Schuurman, vice-voorzitter. W. Joosten, secretaris-penningmeester, Hanedoesstraat 101, 's-Gravenhage, tel. 774772.
Postrekening:	199393 ten name van de secretaris-penningmeester.

THE DECCA NAVIGATOR COMPANY LTD
introduce

HI-FIX

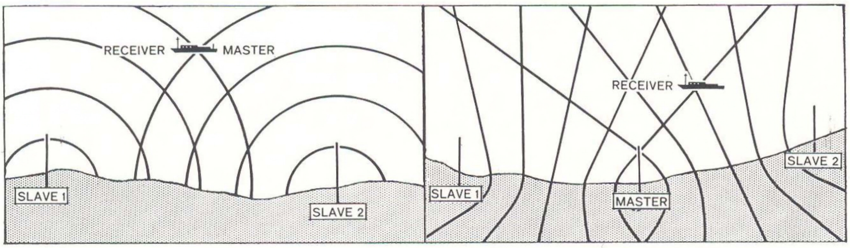
a new offshore survey system
operating on high frequencies
using lightweight equipment

HI-FIX offers for the first time a system that is:

precise, compact, lightweight, highly mobile and suitable for all forms of hydrography, offshore exploration, engineering survey, dredging, etc.

free from the bugbears of 'beat notes', modulated transmissions, multiple frequencies, reference stations, wide bandwidths and interference.

based on the sound principles and employing the same techniques as the Decca Navigator System which is now used in its basic forms by more than 6,000 vessels, to say nothing of the many survey chains throughout the world.



HI-FIX equipment can be deployed in either the TWO RANGE or HYPERBOLIC forms by deploying the master station ashore or on the survey vessel, no equipment changes being required

TWO-RANGE HI-FIX

The two-range version gives the maximum accuracy obtainable from the system with only two shore stations and no lattice charts.

HYPERBOLIC HI-FIX

The hyperbolic layout provides a high accuracy service for an unlimited number of users simultaneously.

HI-FIX is the answer for those small inshore areas where Hyperbolic or Two Range Decca is not justified on economic grounds. Normal Decca and Hi-Fix stations can be co-sited to give the precision pattern inshore (lane identified by the normal patterns) combined with the long working range of the normal Decca System.

INA

INTERNATIONALE NAVIGATIE APPARATEN N.V.

WIJNHAVEN 42 - ROTTERDAM
TELEFOON 010-115990 (6 LIJNEN)

VERENIGING VAN CIVIEL-LANDMETERS
EN GEODETISCH-INGENIEURS

Bestuur:	Ir. A. Scheffer, voorzitter.
	Ir. P. J. Bakker, secretaris, Thorn Prikkerstraat 65^{III}, Amsterdam-W., tel. 134242.
	Ir. W. Bakker, penningmeester.
	Ir. J. E. Alberda, lid.
Postrekening:	254181 ten name van de penningmeester te Rijswijk (Z.H.).

NEDERLANDSE VERENIGING VOOR FOTOGRAMMETRIE

Bestuur:	Prof. R. Roelofs, voorzitter.
	Ir. A. J. van der Weele, vice-voorzitter.
	Ir. L. van Zuylen, secretaris, Fransen van de Puttestraat 16, Delft, tel. 22462.
	Ir. A. Govers, penningmeester.
	Th. K. Baron van Asbeck, J. H. Bramlage, T. J. de Bruijn, C. A. J. von Frijtag Drabbe, Dipl.-Ing. S. Herschdörfer, Prof. A. Kruidhof, Mr. Ir. S. M. Meelker, Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn, leden.
Erelid:	Ir. B. Scherpbier.
Postrekening:	368873 ten name van de penningmeester te Utrecht.

Officieel orgaan van de Nederlandse Landmeetkundige Federatie:
„TIJDSCHRIFT VOOR KADASTER EN LANDMEETKUNDE"

Redacteuren:	Prof. Ir. G. J. Bruins,
	Mr. Ir. C. G. van Huls.
Redacteur-administrateur:	Ir. H. L. van Gent.
Redactiesecretaris:	D. de Vries, Nieuwe Haven 6, 's-Gravenhage.

EXAMENCOMMISSIE van de N.L.F.

Door de Nederlandse Landmeetkundige Federatie wordt éénmaal per jaar examen afgenomen ter verkrijging van het diploma van landmeetkundig technicus, landmeetkundig rekenaar en landmeetkundig tekenaar.

De N.L.F. leidt niet op voor dit examen.

Samenstelling van de examencommissie:

Ir. R. J. Rienks, voorzitter.
Ir. S. Rienstra, secretaris-penningmeester, p/a Kanaalweg 3b, Delft.
Ir. W. Bakker, Ir. P. Ilmer, Ir. J. G. Tiemeijer, Ir. H. J. van Steenis, Ir. A. Scheffer, Ir. H. de Ridder, L. R. M. van den Brink ing., leden.

Postrekening: 390020 ten name van Ir. S. Rienstra te Voorburg.

UITGAVEN VAN DE

RIJKSCOMMISSIE VOOR GEODESIE

Observations de pendule dans les Pays-Bas
1913 – 1921
Par F. A. Vening Meinesz (1923)
Gec. *f* 7,50

Tables for regional and local isostatic reduction (airy system) for gravity values
By F. A. Vening Meinesz (1941)
Ing. *f* 5,00 – Gec. *f* 5,00 – Geb. *f* 6,00

Theory and practice of pendulum observations at sea
Part 2
Second order corrections, terms of Browne and miscellaneous subjects
By F. A. Vening Meinesz (1941)
Gec. *f* 6,00 – Geb. *f* 7,50

Gravity expeditions at sea
1934 – 1939; Vol. 3
The expeditions, the computations and the results
By F. A. Vening Meinesz (1941)
Ing. *f* 9,50 – Geb. *f* 9,50 – Geb. *f* 10,50

Plumb-line deflections and geoid in Eastern Indonesia
As derived from gravity
By J. E. Baron de Vos van Steenwijk (± 1946)
Ing. *f* 2,50

Gravity expeditions at sea
1923 – 1938; Vol. 4
Complete results with isostatic reduction, interpretation of the results
By F. A. Vening Meinesz (1948)
Gec. *f* 20,00

Investigation of the accuracy of plotting and scaling-off
By N. D. Haasbroek (1955)
Ing. *f* 5,00

Gravity expeditions
1948 – 1958; Vol. 5
Complete results with isostatic reduction
With a preface by F. A. Vening Meinesz
Edited by G. J. Bruins (1960)
Geb. *f* 12,50

Verkrijgbaar in de boekhandel en bij de

UITGEVERIJ WALTMAN - Hippolytusbuurt 4 - DELFT

RIJKSCOMMISSIE VOOR GEODESIE

Deze Rijkscommissie is ingesteld bij K.B. van 5 oktober 1937 nr. 52 en heeft de volgende doelstellingen:

1. het onder haar auspiciën laten uitvoeren van geodetische werkzaamheden;
2. het desgevraagd geven van advies aan takken van Rijksdienst;
3. het vertegenwoordigen van Nederland in bijeenkomsten en bij werkzaamheden van wetenschappelijke organisaties op geodetisch of aanverwant gebied.

Samenstelling:
Prof. R. Roelofs, voorzitter.
Prof. Ir. W. Baarda, secretaris.
Prof. Ir. G. J. Bruins
Prof. Ir. E. C. W. A. Geuze
Prof. Dr. G. J. A. Grond
Prof. A. Kruidhof
Prof. Dr. J. H. Oort
Prof. Ir. J. H. G. Schepers
Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn
Prof. Dr. J. G. J. Scholte
Prof. Dr. Ir. F. A. Vening Meinesz
en verder ambtshalve:
Th. K. Baron van Asbeck – Chef der Hydrografie
W. F. den Hengst – Directeur van de Topografische Dienst
Mr. Ir. S. M. Meelker – Hoofd van de Directie Kadaster en Hypotheken
Prof. Dr. J. Veldkamp – Hoofd van de 5e afdeling van het K.N.M.I.
Ir. C. J. Warners – Hoofddirecteur van het K.N.M.I.
Ir. A. J. van der Weele – Hoofd van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat

LANDMEETKUNDIG GEZELSCHAP „SNELLIUS"

Het Gezelschap „Snellius" stelt zich ten doel de uitbreiding der kennis en de behartiging der studiebelangen van de ingeschrevenen voor de studie van Geodetisch Ingenieur aan de Technische Hogeschool.

Bestuur: M. Tienstra, voorzitter
G. C. van Wijnbergen, secretaris
W. Meinema, penningmeester
Secretariaat: Kanaalweg 4, Delft, tel. 24950, toestel 564
Postrekening: 104832, ten name van de penningmeester te Delft

MONROE

Monroe Calculating Machine Company Holland N.V.

FABRIEK IN NEDERLAND

PILOTENSTRAAT 6 **AMSTERDAM**

★

REKENMACHINES

TELMACHINES - BOEKHOUDMACHINES

★

MONROE levert voor elk soort cijferwerk de JUISTE machine

★

Verkoopkantoren voor Nederland:

AMSTERDAM: Pilotenstraat 6 - telefoon 12 30 34

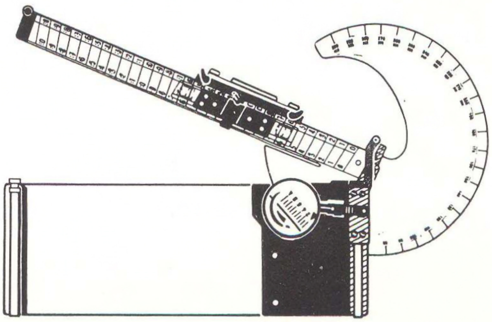
ROTTERDAM: Schilderstraat 34 - telefoon 12 87 76

STICHTING NEDERLANDS GENOOTSCHAP VOOR LANDMEETKUNDE

Bestuur: J. Rietveldt, voorzitter
K. Buursink, secretaris, Schaepmanlaan 76, Almelo
G. D. de Beurs, penningmeester. Postrekening 223150 ten name van de penningmeester van het N.G.L. te Amsterdam
E. Schrikkema
H. A. M. Tijsman
J. F. Cock
M. Rijsdijk

Deelnemende verenigingen:
Vereniging van Technische Ambtenaren van het Kadaster;
Secr.: A. van Prooyen, Plein St. Petrus Banden 12, Heer bij Maastricht
Vereniging van Landmeetkundigen;
Secr.: P. Gorter, Schelgeeststraat 27, Bakkum (N.H.)
Vereniging Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat;
Secr.: K. Koet ing., Lindelaan 30, Delft

Maandblad van het Nederlands Genootschap voor Landmeetkunde: „GEODESIA"
Redactie: M. L. Veen, Burg. Bloemersweg 26, Arnhem, eindredacteur
Mej. C. A. C. Best
E. Draisma ing.



Nieuwe

Poolcoördinatograaf

met de mogelijkheid verschillende schalen in te stellen

Prospekti worden U op aanvraag gaarne toegezonden

VEB FREIBERGER PRÄZISIONSMECHANIK FREIBERG (SACHSEN)

De portofoon

is voor deze technische assistent

van de

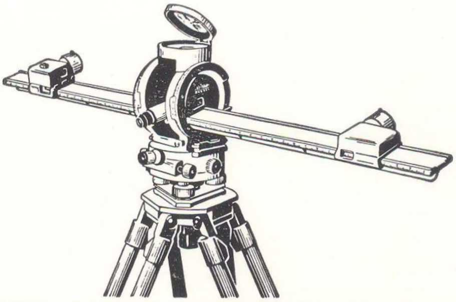
Nederlandsche Heidemaatschappij

een belangrijk hulpmiddel

voor een waterpassing

BREITHAUPT KASSEL

Theodolieten
Waterpasinstrumenten
- ook automatische -
Basis-afstandsmeters
Tachymeters
Planchetten
Kompassen
Hellingmeters enz.



Vertegenwoordiging:

N.V. Technisch Handelsbureau

BRONSENDIEK

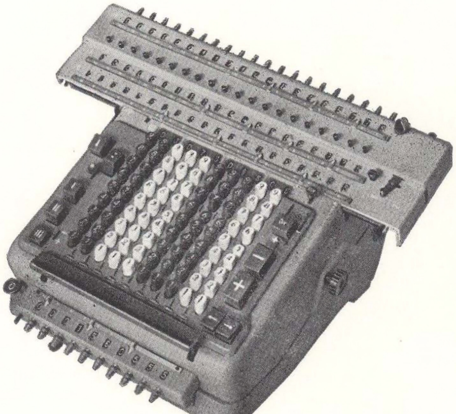
Rijswijk Z-H. – Haagweg 81

Telefoon 11 94 09

MADAS 20 BTG

Volautomatische rekenmachine met 2 resultaatwerken van 20 cijfers. Bij automatische vermenigvuldiging kunnen in resultaatwerk I de afzonderlijke produkten worden afgelezen, terwijl deze in resultaatwerk II worden verzameld (vereffening van Snelliuspunten met ongelijke gewichten). Afzonderlijke toets voor negatieve vermenigvuldiging, toets voor voortgezet vermenigvuldigen (kuberen, machtverheffen, etc.).

De Madas 20 BTG is evenals haar voorgangsters zo geconstrueerd, dat alle ingestelde getallen zichtbaar en zo nodig nog te verbeteren zijn.



Importeurs voor Nederland: **N.V. Handelmij.**

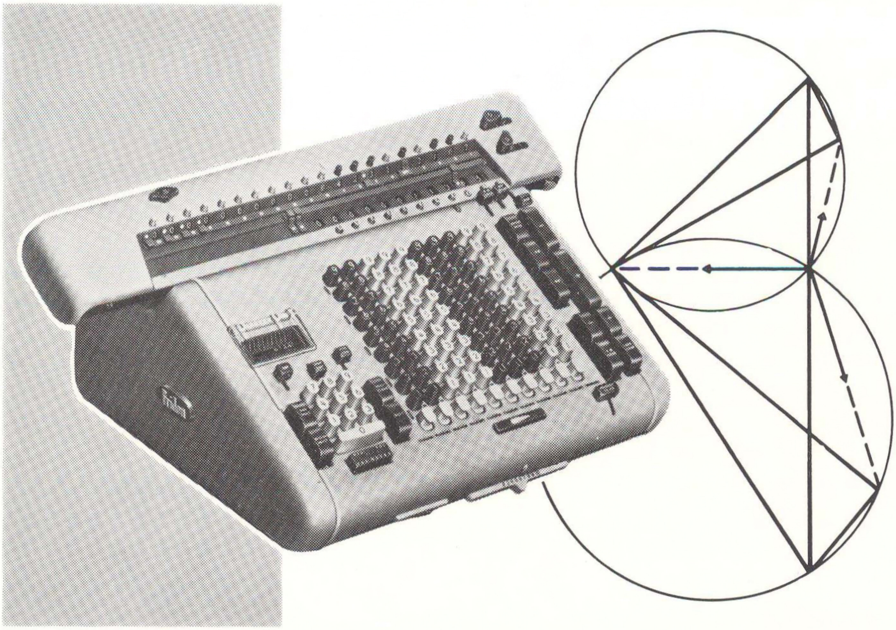
ADR. KOLLER & VAN OS

AMSTERDAM - ROTTERDAM -'s-GRAVENHAGE - BREDA

DIRECTEUREN EN HOOFDEN VAN LANDMEETKUNDIGE DIENSTEN EN INSTELLINGEN IN NEDERLAND

Hoofd van de Directie Kadaster en Hypotheken van het Ministerie van Financiën	Mr. Ir. S. M. Meelker
Hoofd van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat te Delft	Ir. A. J. van der Weele
Hoofd van de afdeling Mijnmeten van de Staatsmijnen in Limburg	Ing. S. M. C. M. Drent
Chef van de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine te Scheveningen	Th. K. Baron van Asbeck
Directeur van de Nederlandse Topografische Dienst te Delft	W. F. den Hengst
Hoofd van de Topografische Dienst van de Bataafsche Petroleum Maatschappij te 's-Gravenhage	Dipl.-Ing. S. Herschdörfer
Directeur van KLM Aerocarto n.v. te Schiphol	T. J. de Bruijn
Directeur van C.V. Ingenieursbureau Van Steenis W.A. te Utrecht	Ir. H. J. van Steenis
Hoofd van de landmeetkundige dienst van de gemeente:	
Amsterdam	Ir. A. ten Have
Rotterdam	Ir. R. J. Rienks
's-Gravenhage	Ir. J. G. Tiemeijer
Utrecht	J. E. Harder
Tilburg	Ir. A. Scheffer
Breda	D. D. Jumelet
de Nederlandse Spoorwegen te Utrecht	Ir. P. Ilmer
de Nederlandsche Heidemaatschappij te Arnhem	Ir. R. J. Jonkers
de N.V. Grontmij te De Bilt	Ir. C. B. Bos
de Provinciale Waterstaat van:	
Noord-Brabant	H. M. Overbeeke
Overijsel	Ir. A. W. Wiltink
Drente	Ir. W. Bakker
Limburg	Ir. G. R. Tóth
het Waterschap ,,Midden-Limburg''	Ir. T. W. Harmsen
de Domaniale Mijn, Kerkrade	Ir. P. F. H. Wessel

VOOR GEODETISCHE BEREKENINGEN ONMISBAAR



Friden volautomatische rekenmachines werken snel en akkuraat, zijn eenvoudig te bedienen en beschikken over vele mogelijkheden.

Friden rekenmachines zijn bovendien voorzien van een tekenknop voor algebraische kalkulaties.

Brochures en inlichtingen worden gaarne op verzoek toegezonden door:

Friden Creates A New World For Business

Friden

VERKOOPMAATSCHAPPIJ NEDERLAND N.V.

Hoofdkantoor: Coolsingel 49 – Rotterdam – Tel. 010-120115

Bijkantoren: Amsterdam en Apeldoorn

HET KADASTER IN NEDERLAND

Hoofd van de Directie Kadaster en Hypotheken van het Ministerie van Financiën:	
's-Gravenhage, Parkstraat 2	Mr. Ir. S. M. Meelker

Ingenieur-Verificateur van het kadaster:	
Amsterdam, Droogbak 1a	W. Joosten (belast met de waarneming)
Arnhem, Nieuwstraat 2	C. D. Wolters
's-Gravenhage, Buitenhof 37	W. Joosten
Groningen, Hofstede de Grootkade 12	Ir. F. Schuurman
Utrecht, Maliebaan 19	Ir. J. F. Ilsen (hoofd Ruilverk.dienst)

Hoofd van bureau van de landmeetkundige dienst:	
Alkmaar, Nieuwesloot 36	J. R. P. Bakker
Almelo, Adastraat 6	Y. Feenstra
Amersfoort, Pr. Hendriklaan 5	D. G. Sanders (wnd.)
Amsterdam, Droogbak 1a	Ir. M. J. te Nuijl
Arnhem, Nieuwstraat 2	Ir. H. Meindersma
Assen, Wilhelminastraat 12	J. van Ballegooijen
Breda, Delpratsingel 23	M. F. Ferwerda
Dordrecht, Visstraat 12	G. Kikkert
Eindhoven, Stratumseind 32	A. Daanje
's-Gravenhage, Buitenhof 37	W. J. Hemmes
Groningen, Hofstede de Grootkade 12	Ir. J. Wolthuis
Haarlem, Nieuwe Gracht 13	T. R. Jonker
's-Hertogenbosch, Wolvenhoek 7	Ir. K. F. Lok
Leeuwarden, Gouverneursplein 44	Ir. I. P. Toussaint
Leiden, Breestraat 18	W. van Mameren
Maastricht, St. Servaasklooster 28	J. H. B. van Beukering
Middelburg, St. Pieterstraat 52	T. Ultee
Nijmegen, J. de Wittstraat 8a	Ir. A. J. Wytema
Roermond, Begijnhofstraat 28	K. F. K. Libois
Rotterdam, Belastinggebouw, Puntegaalstraat 5	W. Nikkels
Tiel, Nieuwe Tielseweg 1	P. J. van Eendenburg
Utrecht, Wittevrouwenkade 1	J. A. M. aan den Dijk
Winschoten, Bosplein 1	A. J. Pasman
Zutphen, Zaadmarkt 91	G. G. C. Kraan
Zwolle, Stationsweg 2	Ir. L. J. Ragut

WAARDE BEREKENING

OPPERVLAKTE IN HECTARE

		T
A	86600	<
B	150964	<
C	53390	<
D	107695	<

WAARDE PER HECTARE

		T
A	3200	<
B	3100	<
C	3000	<
D	2900	<

TOTALE WAARDE VAN PERCELEN A B C en D

	T
3200	x <
86600	=
3100	x <
150964	=
3000	x <
53390	=
2900	x <
107695	=

1217593900 T

Olivetti Divisumma 24

vol-automatische schrijvende tel- en rekenmachine met een geheugen, in het bijzonder geschikt voor:

- **grootte berekening**
- **waarde berekening**
- **diverse andere geodetische berekeningen**

RUYS
kantoormachines

AMSTERDAM TEL. 62611* ROTTERDAM TEL. 117110*
DEN HAAG TEL. 184160* UTRECHT TEL. 29557*
GRONINGEN TEL. 22512* ARNHEM TEL. 30446*
EINDHOVEN TEL. 22542 HAARLEM TEL. 14113

Hoofd van het bureau ruilverkaveling:

Alkmaar, Kennemersingel 11	W. Poortman
Almelo, Wierdensestraat 10	W. Muller
Arnhem, Willemsplein 5	Ir. A. Govers
Breda, Baronielaan 138	R. Wels
Eindhoven, Willemstraat 65	Ir. L. Korver
Groningen, Moesstraat 16	G. Bierma
St. Maartensdijk, Parallelweg 32	H. de Koning
Middelburg, Loskade 29	Ir. W. J. J. van Lent (belast met de waarneming)
Utrecht, Maliebaan 73	C. L. van Osch
Zierikzee, Oude Haven 51	Ir. W. J. J. van Lent
Zwolle, Burg. van Royensingel 10	Ir. R. J. de Wit

Hoofd van het Centraal Teken- en Opleidingsbureau:

's-Gravenhage, Nieuwe Haven 6	Ir. F. Harkink

Hoofd van het bureau van de Fotogrammetrische Dienst:

's-Gravenhage, Nieuwe Haven 6	Ir. H. L. van Gent

Hoofd van het bureau van de Bijhoudingsdienst der Rijksdriehoeksmeting:

Delft, Kanaalweg 4	Ir. H. van den Berg

Wilt U besparing op Uw post landmeetkundig werk? Maak dan gebruik van:

LUCHTKAARTERING

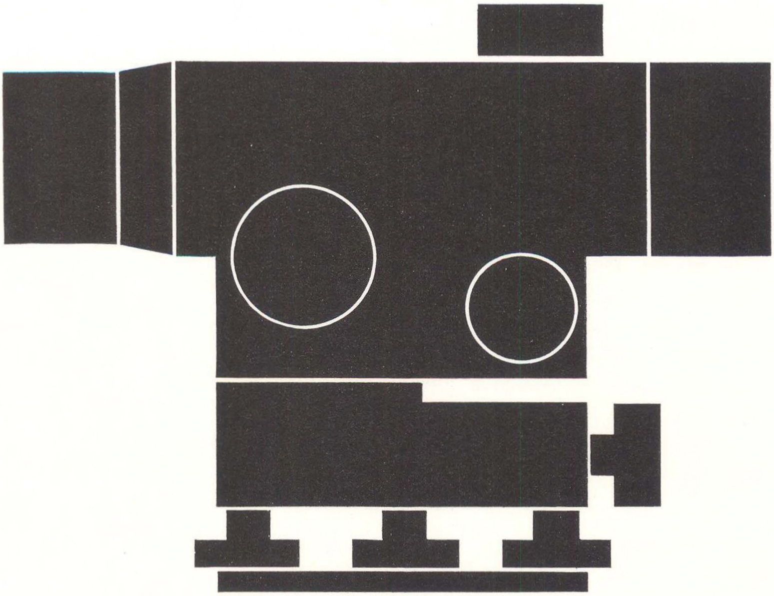
AEROCARTO KLM

Vraagt vrijblijvend een kostenopgave aan

KLM AEROCARTO N.V. SCHIPHOL

Ahrend

Alleenvertegenwoordiging van:
Wild geodetische instrumenten



Amsterdam
Arnhem
Den Haag
Eindhoven
Groningen
Hengelo (O)
Hilversum
Maastricht
Middelburg
Rotterdam

LIJST VAN ADVERTEERDERS

266 W. van de Kamp: Fennel
268 Ingenieurs-bureau Kaufmann: Kern, Haag-Streit
270 Zarli N.V.: Brunsviga
272 Veenman kantoormachines n.v.: Marchant
278 Instrumentenfabriek De Koningh
280 Technisch Handelsbureau R. Meininger: Askania
282 N.V. Grontmij
284 Ingenieursbureau Koning en Hartman N.V.: Zuse
296 IBM Internationale Bedrijfsmachine Maatschappij
298 H. Gadella N.V.: Coradi, Watts
300 Ahrend N.V.: Pagra
302 Technisch Bureau J. Duiker N.V.: Zeiss-Aerotopograph
304 Officine Galileo S.p.A.
306 Ahrend N.V.: Wild
308 Internationale Navigatie Apparaten N.V.: Decca
310 Uitgeverij Waltman Delft
312 Monroe Calculating Machine Company Holland N.V.
313 N.V. Nederlandsche Gasaccumulator Maatschappij „AGA"
314 VEB Freiberger Präzisionsmechanik
315 Nederlandsche Heidemaatschappij
316 N.V. Technisch Handelsbureau Bronsendiek: Breithaupt
316 N.V. Handelmaatschappij Adr. Koller & van Os: Madas
318 Handelsmaatschappij „Sterna" N.V.: Friden
320 Ruys' Handelsvereniging N.V.: Olivetti
321 KLM Aerocarto n.v.
322 Ahrend N.V.: Wild

INHOUD

4 Alstublieft

6 Prof. Ir. G. F. Witt
De onderafdeling en „Snellius"

9 M. Tienstra
Mijnheer de redacteur

10 N. D. Haasbroek
Willebrord Snel van Royen, zijn leven en zijn werken

INSTRUMENTATIE IN DE GEODESIE

40 E. Berchtold
Ueber die Entwicklung der Vermessungsinstrumente

46 Prof. Ir. G. J. Bruins
Lengte- en basismeting

56 Ir. M. Haarsma
Hoekmetingen

73 Ir. A. Waalewijn
Hoogtemeten en waterpassen

84 Ir. J. C. de Munck
Elektronische afstandsmeting

90 J. Th. Verstelle
Radioplaatsbepaling ten behoeve van kaartering

129 Ir. J. Rolff
Geodetische astronomie

135 Prof. Dr. Ir. F. A. Vening Meinesz
Toestellen voor zwaartekrachtsmeting te land en ter zee

144 Ir. J. Rolff
Vormbepaling van de aarde door middel van waarnemingen van aard-satellieten

148 Ir. F. L. Corten
De luchtopname in de fotogrammetrie

158 Prof. Dr. Ir. W. Schermerhorn
Instrumenten voor fotogrammetrische kaartering

173 Ir. B. G. K. Krijger en H. C. van der Hoek
Rekenmachines en -automaten

182 Ir. L. van Zuylen
Kartografie

191 Ir. W. Langeraar
De hydrografische opnemer en zijn instrumentarium

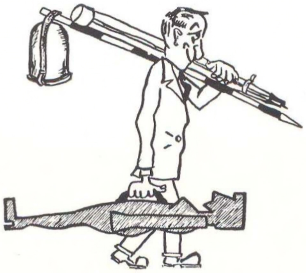
203 Ir. P. A. G. Beugels
Geodetisch instrumentarium van de mijnmeter
218 Ing. J. Loodts
Beschouwingen aangaande de geodetische instrumentatie en de meettechniek bij Zuidpoolexpedities

LANDMEETKUNDIG GEZELSCHAP „SNELLIUS"

233 VERSLAGEN
234 „Snellius" in de afgelopen vijf jaren
238 Buitenlandse excursies
242 Zomerkampen
247 Fata
258 MENGELWERK
260 Indrukken en belevenissen van een voormalig personeelslid
265 Heija Norge!
269 Zwitserland
273 „Rimboe"-ervaringen in Nederland?
279 Mijn eerste „sjicht"
283 Illusie
285 Stadsnacht
287 Varia

ORGANISATORISCHE GEGEVENS

299 Schematisch overzicht van de internationale geodetische verenigingen
301 Internationaal en nationaal verenigingsverband
317 Directeuren en hoofden van landmeetkundige diensten en instellingen in Nederland
323 Lijst van adverteerders



INSTRUMENTATIE IN DE GEODESIE

Dit boek, aangeboden in de buitengewone vergadering van het Landmeetkundig Gezelschap „Snellius" op 1 december 1960, ter gelegenheid van de viering van het vierde lustrum, is gezet uit de Baskerville en gedrukt en gebonden door W. D. Meinema N.V. te Delft; de papiersoort is printopaak 135 gm^{-2} van Van Gelder Zonen N.V.; het boek heeft een balalederen band, bedrukt met 23 karaat 0,7001 μ bladgoud.

DANK
U

DANK
U